Publicarea lucrării a fost finanțată de către DRÄGER SAFETY ROMÂNIA S.R.L.

ISBN 973-685-729-8

Mircea Degeratu
Ştefan Georgescu
Sergiu Ioniță

LUCRĂRI SUBACVATICE REALIZATE CU SCAFANDRI

Control nedistructiv şi utilizare de explozivi sub apă Lucrări tehnice subacvatice

MATRIX ROM BUCUREȘTI

LUCRĂRI SUBACVATICE REALIZATE CU SCAFANDRI ** Mircea Degeratu Ştefan Georgescu Sergiu Ioniță

MIRCEA DEGERATU ŞTEFAN GEORGESCU SERGIU IONIŢĂ

LUCRĂRI SUBACVATICE REALIZATE CU SCAFANDRI

CONTROL NEDISTRUCTIV ŞI UTILIZARE DE EXPLOZIVI SUB APĂ. LUCRĂRI TEHNICE SUBACVATICE

MATRIX ROM
Bucureşti 2005

© MATRIX ROM
C.P. 16-162
062510 – Bucureşti
tel. 01.4113617, fax 01.4114280
e-mail: matrix@fx.ro
www.matrixrom.ro

Editura MATRIX ROM este acreditată de
CONSILIUL NAŢIONAL AL CERCETĂRII ŞTIINŢIFICE DIN ÎNVĂŢĂMÂNTUL SUPERIOR

Referent ştiinţific: Contraamiral (r) prof. dr. ing. Dumitru NANU
fost Comandant al Centrului de Scafandri Constanţa

Consultant din partea firmei DRÄGER SAFETY ROMÂNIA: Mugurel ROMANO

Tehnoredactare computerizată: Gheorghe OLTEAN

Coperta: ing. Costin COŞOIU

Coperta I : Scafandri echipaţi cu aparate de respirat sub apă cu alimentare de la suprafaţă PL70 DRÄGER, pregătiţi pentru efectuarea unor intervenţii la construcţii hidrotehnice

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
DEGERATU, MIRCEA
Lucrări subacvatice realizate cu scafandri: control nedistructiv şi utilizare de explozivi sub apă: lucrări tehnice subacvatice/
Mircea Degeratu, Ştefan Georgescu, Sergiu Ioniţă
Bucureşti
Matrix Rom, 2005
Bibliogr.
ISBN
I. Georgescu, Ştefan
II. Ioniţă, Sergiu

ISBN

PREFAŢĂ

Prezentul volum având titlul “Control nedistructiv şi utilizare de explozivi sub apă. Lucrări tehnice subacvatice”, reprezintă o a doua carte din seria “Lucrări subacvatice realizate cu scafandri” şi urmează volumului “Scule, unelte şi utilaje pentru lucrul sub apă. Tăiere şi sudare subacvatică” din aceeaşi serie.

Lucrarea este organizată în două părţi şi opt capitole, în prima parte dezvoltând atât probleme legate de operaţiile subacvatice de control nedistructiv efectuate cu scafandri cât şi probleme de utilizare a explozivilor sub apă, iar în cea de-a doua parte abordând probleme practice privind modul de realizare a diverselor lucrări tehnice subacvatice la care se impune utilizarea scafandrilor, aşa cum sunt lucrările la platforme marine, pozarea conductelor submarine, intervenţiile la construcţii hidrotehnice, operaţiile de ranfluare a navelor scufundate etc. Trebuie remarcată originalitatea ultimului capitol care se referă la o serie de lucrări subacvatice efectuate cu scafandri în România şi în care se prezintă, în mod concret, modul în care au fost abordate şi executate aceste lucrări cu diferite destinaţii şi cu diferite grade de complexitate.

Prin structură şi conţinut, cartea se înscrie în seria lucrărilor a căror publicare s-a impus ca necesară în vederea acoperirii cu material scris a diverselor domenii legate de pătrunderea omului sub apă în vederea efectuării de inspecţii, observaţii, intervenţii şi lucrări subacvatice specifice domeniilor industrial şi militar. Astfel, acest volum se adaugă altor volume apărute în ultimii 15 ani, dedicate pătrunderii şi lucrului omului sub apă, la elaborarea cărora au contribuit şi autorii prezentului volum, dintre acestea putând fi menţionate “Ghidul scafandrului autonom”, “Manualul scafandrului”, “Acţiunile scafandrilor deminori în viziunea flotelor occidentale”, “Aparate de respirat sub apă” etc.

Ca la marea majoritate a cărţilor scrise de acest colectiv de autori, şi la acest volum s-a căutat să se respecte, pe cât a fost posibil, terminologia propusă de dicţionarul explicativ specializat “Scafandri şi vehicule subacvatice” şi adoptată de către toţi specialiştii în pătrunderea şi lucrul omului sub apă.

Cartea se adresează atât scafandrilor profesionişti care lucrează în domeniul civil, angajaţi la firme specializate în efectuarea de lucrări industriale sub apă, cât şi scafandrilor care execută operaţii subacvatice cu scop militar din cadrul Forţelor Navale Române.

De asemenea, cartea este destinată şi personalului specializat în conceperea logisticii privind desfăşurarea diverselor intervenţii subacvatice, precum şi membrilor echipelor de suprafaţă care dirijează şi urmăresc desfăşurarea lucrărilor efectuate de scafandri sub apă.

Autorii mulţumesc personalului Centrului de Scafandri Constanţa din cadrul Forţelor Navale Române pentru datele specifice furnizate, importante în elaborarea acestui volum.

Totodată, autorii aduc mulţumiri firmei Dräger Safety România pentru finanţarea lucrării şi pentru furnizarea de documentaţie folosită în elaborarea acesteia.

Autorii

CUPRINS

Partea întâi. OPERAŢII SUBACVATICE DE CONTROL NEDISTRUCTIV ŞI DE UTILIZARE A EXPLOZIVILOR EFECTUATE CU SCAFANDRI

1. DEFECTE ALE STRUCTURILOR IMERSE ŞI CONTROLUL NEDISTRUCTIV SUBACVATIC 2
1.1. Tipuri de defecte ale structurilor imerse 2
1.1.1. Defecte grave ale structurilor imerse 2
1.1.2. Încărcarea structurilor imerse cu depuneri marine şi deşeuri 2
1.1.3. Coroziunea structurilor imerse 3
1.2. Prevenirea şi limitarea coroziunii structurilor imerse 5
1.3. Elemente generale privind controlul nedistructiv al structurilor imerse 6
1.3.1. Controlul nedistructiv al structurilor imerse: necesitate, evoluţie şi perspective 6
1.3.1.1. Necesitatea controlului nedistructiv 6
1.3.1.2. Evoluţia controlului nedistructiv 7
1.3.1.3. Perspective privind controlul nedistructiv 7
1.3.2. Organizarea unui şantier subacvatic pentru controlul nedistructiv al structurilor imerse 7
1.3.2.1. Pregătirea materialului 7
1.3.2.2. Pregătirea personalului 8
1.3.2.3. Organizarea şantierului subacvatic pe faze de execuţie 9
1.4. Efectuarea cu scafandri a controlului nedistructiv al structurilor imerse 9
1.4.1. Examinarea vizuală a structurilor imerse 10
1.4.1.1. Examinarea efectuată cu ochiul liber 10
1.4.1.2. Pregătirea teoretică şi practică a inspecţiei vizuale. Unelte şi metode pentru curăţarea structurilor imerse 12
1.4.1.3. Iluminatul subacvatic 12
1.4.2. Fotografierea subacvatică 14
1.4.2.1. Aparate fotografice subacvatice 15
1.4.2.2. Materiale fotosensibile şi caracteristicile lor 18
1.4.2.3. Punerea la punct a imaginii şi condiţiile de claritate 21
1.4.2.4. Profunzimea şi determinarea ei 22
1.4.2.5. Expunerea 22
1.4.2.6. Efectele filtrului acvatic asupra luminii 23
1.4.2.7. Concluzii privind fotografierea subacvatică 24
1.4.3. Filmarea subacvatică 25
1.4.4. Utilizarea televiziunii subacvatice 26
1.4.5. Examinarea subacvatică cu ultrasunete 29
1.4.5.1. Metoda ecourilor multiple 31
1.4.5.2. Metoda emisiei-recepţiei 31
1.4.5.3. Metoda cu afişare digitală a grosimii 31
1.4.5.4. Controlul defectoscopic 32
1.4.5.5. Interpretarea rezultatelor pe calculator 33
1.4.6. Alte metode utilizate pentru controlul nedistructiv al structurilor metalice offshore 34
1.4.6.1. Metode magnetice de examinare 34
1.4.6.2. Metoda de examinare cu radiaţii penetrante 36
1.4.6.3. Metoda de examinare cu lichide penetrante 39
1.4.6.4. Metoda de examinare prin utilizarea curenţilor turbionari 39

2. UTILIZAREA EXPLOZIVILOR LA LUCRĂRILE SUBACVATICE 40

2.1. Clasificarea rocilor din punct de vedere al rezistenţei la perforare şi împuşcare 40
2.2. Noţiuni şi definiţii specifice explozivilor 42
2.2.1. Brizanţa explozivilor 42
2.2.2. Detonaţia 42
2.2.3. Explozia 43
2.2.4. Deflagraţia 43
2.3. Clasificarea materialelor explozibile în funcţie de putere 44
2.3.1. Explozivi de mare putere 44
2.3.2. Explozivi de medie putere 44
2.3.3. Explozivi de mică putere 44
2.3.4. Explozivi slabi 45
2.4. Tipuri de explozivi utilizaţi la lucrări subacvatice 45
2.4.1. Explozivi militari 45
2.4.1.1. Trinitrotoluenul 45
2.4.1.2. Hexogenul şi octogenul 45
2.4.2. Explozivi industriali 45
2.4.2.1. Nitroglicerina 46
2.4.2.2. Dinamita 46
2.4.2.3. Azotatul de amoniu 46
2.4.2.4. Astralita 46
2.4.2.5. Pentritul 46
2.4.2.6. Nitraţii de celuloză 47
2.4.2.7. Gelurile explozibile 47
2.4.3. Explozivi plastic 47
2.5. Mijloace de amorsare a încărcăturilor explozibile 48
2.5.1. Mijloace pirotehnice de amorsare 49
2.5.1.1. Fitilul de amorsare Bickford 49
2.5.1.2. Fitilul detonant 50
2.5.1.3. Capsele detonante 50
2.5.2. Mijloace electrice de amorsare 51
2.5.2.1. Aprinzătorul electric 52
2.5.2.2. Capsele detonante electrice 52
2.5.2.3. Explozorul dinamo-electric 54
2.5.2.4. Aparatele de măsură şi control 54
2.5.2.5. Conductorii electrici 55
2.5.3. Completul de amorsare NONEL 55
2.5.3.1. Tubul detonant NONEL 56
2.5.3.2. Capsele detonante milisecund NONEL 56
2.5.3.3. Distribuitoarele detonante NONEL 57
2.5.3.4. Dispozitivul NONEL pentru declanşarea exploziei 57
2.5.4. Relee pirotehnice milisecund NONEL 58
2.6. Elemente de tehnica amorsării 58
2.6.1. Sistemul pirotehnic de amorsare 58
2.6.2. Sistemul electric de amorsare 59
2.6.3. Sistemul de amorsare cu fitil detonant 59
2.6.4. Procedeul mixt de amorsare 60
2.6.5. Procedeul specific amorsării cartuşului de dinamită 60
2.7. Operaţii de împuşcare subacvatică 61
2.7.1. Împuşcări subacvatice cu găuri de sondă 61
2.7.2. Împuşcări subacvatice de deblocare 62
2.7.2.1. Împuşcarea subacvatică a elementelor lemnoase 62
2.7.2.2. Împuşcarea subacvatică a construcţiilor din beton, beton 64

armat şi zidărie .....
2.7.2.3. Împuşcarea subacvatică a rocilor stâncoase cu încărcături aplicate 64
2.7.2.4. Distrugerea epavelor sub apă 64
2.7.3. Tăierea sub apă a structurilor şi pieselor din oţel utilizând explozivi …. 65
2.7.3.1. Tăierea subacvatică a structurilor şi pieselor din oţel cu încărcături explozibile de contact 65
2.7.3.2. Tăierea subacvatică a structurilor şi pieselor din oţel cu încărcături explozibile formate sau speciale 66
2.7.4. Împuşcări subacvatice de protejare …… 70
2.7.5. Rateuri …… 72
2.7.6. Efectele exploziilor subacvatice asupra scafandrilor …… 72
2.8. Legislaţia privind regimul explozivilor utilizaţi la lucrări subacvatice 73
2.8.1. Autorizarea artificierilor …… 73
2.8.2. Depozitarea explozivilor folosiţi la lucrări sub apă …… 74
2.8.3. Transportul explozivilor utilizaţi la lucrări subacvatice …… 74

Partea a doua. LUCRĂRI TEHNICE SUBACVATICE EFECTUATE CU SCAFANDRI

3. LUCRĂRI SUBACVATICE EFECTUATE LA PLATFORME MARINE OFFSHORE 76
3.1. Tipuri de platforme marine offshore 76
3.1.1. Platforme marine fixe 76
3.1.1.1. Platforme marime fixe din zăbrele tubulare 76
3.1.1.2. Platforme marine fixe tip turn 77
3.1.1.3. Platforme marine fixe din beton de tip structură gravitaţională 78
3.1.2. Platforme marine mobile 79
3.1.2.1. Platforme marine mobile autoridicătoare 80
3.1.2.2. Platforme marine mobile submersibile 80
3.1.2.3. Platforme marine mobile semisubmersibile 80
3.1.3. Platforme marine româneşti 81
3.2. Lucrări de instalare a platformelor marine fixe. Activităţi specifice scafandrilor 83
3.3. Lucrări subacvatice la platformele marine offshore de foraj. Lucrări specifice cu scafandri 84
3.3.1. Descrierea instalaţiei de foraj marin 85
3.3.2. Lucrări la sistemul submarin de amenajare a gurii puţului 87
3.3.3. Echipamente auxiliare aflate în dotarea platformelor de foraj marin. Instalaţii hiperbare pentru scufundare 93
3.4. Exemple de lucrări subacvatice cu scafandri la platformele şi instalaţiile de foraj marin 94

4. POZAREA ŞI ÎNGROPAREA CONDUCTELOR SUBMARINE 97
4.1. Pozarea conductelor submarine 98
4.1.1. Pozarea conductelor submarine de pe barjă 98
4.1.1.1. Tipuri de barje utilizate pentru pozarea conductelor submarine 98
4.1.1.2. Efectuarea pozării conductelor submarine 100
4.1.1.3. Montarea clamelor de fixare a coloanei montante (riser) 105
4.1.2. Pozarea conductelor submarine prin remorcare 108
4.1.2.1. Pozarea conductelor prin remorcare la suprafaţa apei sau imediat sub suprafaţa liberă a apei 109
4.1.2.2. Pozarea conductelor prin remorcare deasupra fundului apei .. 110

4.1.2.3. Pozarea conductelor prin remorcare pe fundul apei 110
4.1.3. Pozarea sub apă a conductelor din beton 111
4.2. Îngroparea conductelor submarine 113
4.2.1. Efectuarea îngropării conductelor submarine 116
4.2.2. Poziţionarea plugului pe conductă în condiţii de mare agitată 121
4.2.3. Îngroparea conductei cu ajutorul explozivilor 121
4.3. Exemple de activităţi subacvatice cu scafandri în cadrul lucrărilor de pozare şi îngropare a conductelor submarine 122

5. LUCRĂRI SUBACVATICE LA CONSTRUCŢII HIDROTEHNICE. FUNDAŢII EXECUTATE SUB NIVELUL APEI 125
5.1. Prepararea betonului utilizat la lucrările subacvatice 125
5.2. Cofraje utilizate la lucrările subacvatice de turnare a betonului 127
5.3. Turnarea betonului în săpătură sub apă 127
5.3.1. Turnarea betonului sub apă cu ajutorul cutiilor şi benelor 127
5.3.2. Turnarea betonului sub apă cu ajutorul sacilor 128
5.3.3. Turnarea betonului sub apă cu ajutorul pâlniilor 128
5.3.3.1. Turnarea betonului sub apă cu pâlnia mobilă 129
5.3.3.2. Turnarea betonului sub apă cu pâlnia fixă 130
5.3.4. Turnarea betonului sub apă cu ajutorul pompelor 131
5.4. Fundarea subacvatică pe anrocamente şi umpluturi din piatră 131
5.5. Fundarea subacvatică pe căsoaie 133
5.6. Fundarea subacvatică pe blocuri din beton 134
5.7. Fundarea subacvatică pe chesoane 134
5.7.1. Fundarea subacvatică pe chesoane plutitoare 134
5.7.2. Fundarea subacvatică pe chesoane deschise 135
5.8. Exemple de activităţi subacvatice cu scafandri în cadrul lucrărilor la construcţii hidrotehnice 136

6. LUCRĂRI DE RANFLUARE A NAVELOR SCUFUNDATE 138
6.1. Examinarea planului de construcţie a navei de ranfluat) 139
6.1.1. Caracterizarea generală a construcţiei navei de ranfluat 139
6.1.2. Sisteme de construcţie a corpului navei de ranfluat 140
6.2. Inspecţia cu scafandri a navei scufundate 144
6.3. Calculul forţei totale necesară pentru redobândirea flotabilităţii navei 145
6.4. Metode de ranfluare şi recuperare a navelor scufundate 146
6.4.1. Metode de ranfluare care utilizează forţe de ridicare exterioare 146
6.4.2. Metode de ranfluare care utilizează flotabilitatea navei de ranfluat 148
6.4.2.1. Materiale şi dispozitive de avarie pentru astuparea găurilor de apă la corpul navei 148
6.4.2.2. Astuparea de către scafandri a găurilor de apă 156
6.4.2.3. Evacuarea apei din corpul navei cu ajutorul pompelor 158
6.4.2.4. Evacuarea apei din corpul navei cu ajutorul aerului comprimat 160
6.4.3. Metode de ranfluare mixte 162
6.4.4. Metode de recuperare prin distrugere parţială a navei şi ridicarea ei pe bucăţi 163

7. ALTE LUCRĂRI SUBACVATICE EFECTUATE CU SCAFANDRI 164
7.1. Lucrări subacvatice periodice 164
7.1.1. Controlul preventiv al operei vii a unei nave 164
7.1.2. Curăţarea operei vii a unei nave 165
7.1.3. Controlul punerii navei pe cavaleţi în timpul andocării 166
7.1.4. Curăţarea şi astuparea în vederea curăţării valvulelor Kingston 166
7.1.5. Scoaterea ancorelor şi lanţurilor de ancoră 167

7.1.6. Căutarea unor obiecte pe fundul apei 169
7.1.6.1. Metoda circulară de căutare 169
7.1.6.2. Metoda de căutare a caroiajului între parâme-ghid 171
7.1.6.3. Metoda de căutare prin dragare între parâme-ghid 171
7.1.6.4. Metode speciale de căutare 172
7.1.7. Înlocuirea anozilor de sacrificiu 174
7.1.8. Inspectarea conductelor submerse 175
7.2. Lucrări subacvatice de avarie 177
7.2.1. Astuparea găurilor produse corpului unei nave 177
7.2.2. Repararea diferitelor instalaţii avariate din interiorul compartimentelor inundate 178
7.2.3. Repararea elicelor şi cârmelor avariate 179
7.2.4. Lucrări de reparaţii efectuate la conducte submerse 183
7.3. Lucrări subacvatice efectuate la construcţii hidrotehnice şi instalaţii hidroenergetice 187
7.4. Utilizarea substanţelor epoxidice polimerice pentru efectuarea de reparaţii sub apă 188

8. PREZENTAREA UNOR LUCRĂRI SUBACVATICE EFECTUATE CU SCAFANDRI ÎN ROMÂNIA 189
8.1. Repararea danei 79 din portul Constanţa 189
8.2. Activităţi subacvatice cu scafandri la conducte submarine 193
8.2.1. Cercetarea şi identificarea conductelor submarine şi cartografierea traseelor acestora 193
8.2.2. Reevaluarea presiunii interioare maxime admisibile 194
8.2.3. Poziţionarea şi montarea unei conducte submarine în câmpul petrolifer Lebăda utilizând scafandri de mare adâncime 194
8.3. Activitatea scafandrilor de mare adâncime în timpul mutării de pe poziţie a unei unităţi de foraj marin autoridicătoare, în câmpul petrolifer românesc 196
8.4. Curăţarea operei vii a navelor cu ajutorul brush-cart-ului 196
8.5. Inspecţia subacvatică cu scafandri la nave 200
8.6. Lucrări subacvatice în lacurile de acumulare din România 200
8.7. Căutări subacvatice cu scafandri 204
8.8. Testări de materiale subacvatice 205
8.9. Inspecţii subacvatice la epave 206

Bibliografie 213

Partea întâi.

OPERAȚII SUBACVATICE DE CONTROL NEDISTRUCTIV ŞI DE UTILIZARE A EXPLOZIVILOR EFECTUATE CU SCAFANDRI

1.

DEFECTE ALE STRUCTURILOR IMERSE ŞI CONTROLUL NEDISTRUCTIV SUBACVATIC

În ramurile aparținând industriilor maritime, infrastructura acestora, în special cea care cuprinde, prin dotare, structuri amplasate lângă mal sau structuri imersate în apele mărilor sau oceanelor (platforme, docuri, cheiuri, diguri, porți de ecluze, captatori de energia valurilor, nave etc.), datorită mediului ostil în care acestea se află, trebuie ca periodic să fie supusă unor verificări pentru a se afla dacă în cadrul structurilor au apărut defecte care să le micşoreze siguranța în funcționare.

1.1. TIPURI DE DEFECTE ALE STRUCTURILOR IMERSE

Principalele tipuri de defecte care pot apărea la structurile imerse sunt: defectele grave, încărcarea cu depuneri marine şi deşeuri şi coroziunea.

1.1.1. DEFECTE GRAVE ALE STRUCTURILOR IMERSE

Defectele grave ale structurilor imerse sunt defecte vizibile care pot fi sesizate în timpul unui control vizual şi pot fi: îndoiri, răsuciri şi deformări ale elementelor componente, lipsa unor elemente şi componente sau existența unor anozi aflați în stare avansată de coroziune, deteriorarea stratului de vopsea sau a îmbrăcămințiide protecție, existența de cabluri strangulate şi de conducte răsucite, existența de fundații sau părți ale structurii instabile, fărâmițarea betonului de pe suprafața unei structuri imerse din beton, lipsa unor şuruburi sau a unor bolțuri din diferite asamblări etc.

1.1.2. ÎNCĂRCAREA STRUCTURILOR IMERSE CU DEPUNERI MARINE ŞI DEŞEURI

Platformele de foraj marin, devenite adevărate recifuri artificiale, devin habitat pentru o mare varietate de animale marine. O parte dintre acestea se depun pe structurile imerse. Depunerile marine pot fi de trei tipuri: depuneri uşoare (micro-organisme, bacterii, microalge etc.), depuneri mari (alge) şi depuneri severe (scoici, bureți etc.).

Fouling-ul sever cu depuneri uşoare are loc, în special, în zona cu valuri şi cu adâncime de aproximativ 20 m, fiind predominante scoicile şi algele. Grosimea straturilor acestora poate atinge 250 mm. La adâncimi mai mari, de 20...80 m, fouling-ul este format în special din spongieri, iar la adâncimi de 80...140 m coloniile de hidrozoare şi diverse tipuri de viermi sunt predominante. Poziționarea platformei în curent

conduce la creşterea stratului de depuneri. Adâncimea apei constituie, de asemenea, un factor important constatându-se că, la adâncimi mai mari, existența bacteriilor consumatoare de sulf măreşte viteza de coroziune a elementelor de structură imersă foarte mult.

Pentru platformele marine este acceptat numai un anumit nivel de depuneri marine pe structurile imerse ale acestora, iar în cazul în care acest nivel este depăşit, se impune imediat îndepărtarea depunerilor. Principalele efecte pe care le au depunerile marine pe structurile offshore sunt îngreunarea activităților de inspecție şi întreținere cu scafandri a structurilor imerse, precum şi creşterea procesului de coroziune a elementelor de structură.

Verificarea epibiozei reprezintă o activitate de rutină a scafandrului, 80% fiind constituită din lucrări de îndepărtare a depunerilor marine de pe structurile imerse. Pentru îndepărtarea fouling-ului există mai multe metode utilizate, atât manuale cât şi mecanice.

1.1.3. COROZIUNEA STRUCTURILOR IMERSE

Supravegherea coroziunii structurilor imerse reprezintă o parte centrală a oricărui program de inspecție subacvatică, perechea oțel–apă de mare fiind foarte propice fenomenului de coroziune. În continuare sunt tratate unele aspecte mai deosebite ale fenomenului de coroziune, specifice mediului marin.

În acest paragraf, afectat mecanismelor fizico-chimice ale procesului de coroziune marină, sunt prezentate fenomenele de coroziune electrochimică, dulce, acidă, microbiană şi bacteriană şi manifestările vizibile ale acestora.

a. Coroziunea electrochimică. În figura 1.1 sunt ilustrate schematic, mecanismele procesului de coroziune cu şi fără oxigen dizolvat în apă. Amplasarea zonelor catodice şi anodice pe suprafața metalului poate fi de mai multe feluri:

- dacă în metal nu există nici un fel de heterogenitate şi nici în electrolit (apa de mare), micropilele sunt repartizate uniform în spațiu şi timp, conducând la o coroziune generalizată şi uniformă;
- dacă există heterogenitate în compoziția electrolitului sau pe suprafața metalului, macropilele care se formează sunt fixe în spațiu şi în timp şi conduc la coroziuni localizate (picuri);
- dacă zona metalică este constituită din două metale aflate în contact electric, cel mai mobil (electropozitiv) este protejat total sau parțial de cel mai puțin mobil (electronegativ), conducând la o corodare galvanică a celui din urmă.

În figura 1.2, este prezentată seria galvanică a metalelor şi aliajelor măsurată față de electrodul normal de H în apa de mare în mV.

b. Coroziunea dulce. Coroziunea dulce este aceea în care nu este implicat hidrogenul sulfurat în nici o măsură. Coroziunea apare, datorită diluției de CO_2 în apa de mare. La pH-uri compatibile, soluțiile apoase cu CO_2 sunt adesea mai corozive decât cele ale acizilor tari.

Conform datelor statistice puse la dispoziţie de firmele specializate, viteza de coroziune a oţelului creşte când presiunea parţială a CO_2 creşte (pH-ul scade) şi când temperatura creşte.

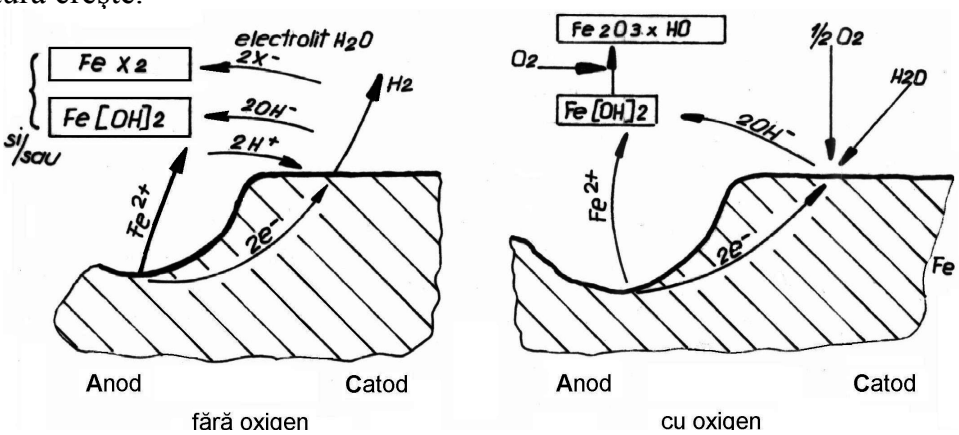


Fig. 1.1. Mecanismele procesului de coroziune cu şi fără oxigen.

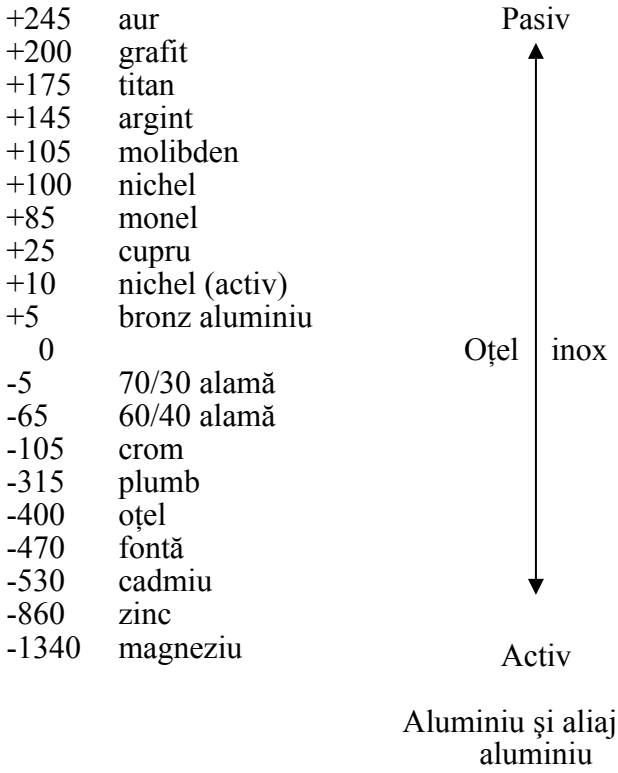


Fig. 1.2. Seria galvanică a metalelor.

c. Coroziunea acidă. Este denumită coroziune acidă coroziunea provocată de prezenţa hidrogenului sulfurat (H_2S) chiar şi sub formă de urme. Viteza de coroziune a oţelului în apă conţinând hidrogen sulfurat, scade o dată cu creşterea concentraţiei, după o creştere rapidă pentru valori foarte mici (fig. 1.3). Aceasta se explică prin faptul că formarea sulfurii de fier tinde să frâneze coroziunea dacă aceasta are loc într-un mediu fără curenţi puternici care să o desprindă de metal. De altfel, prezenţa simultană a unui alt element agresiv ca dioxidul de carbon, sau ca oxigenul, antrenează o creştere a coroziunii în apă conţinând hidrogen sulfurat.

În plus, față de coroziunea propriu-zisă, prezența hidrogenului sulfurat, chiar şi sub formă de urme, pune problema fragilizării datorită hidrogenului (fragilizare tenso-corozivă).

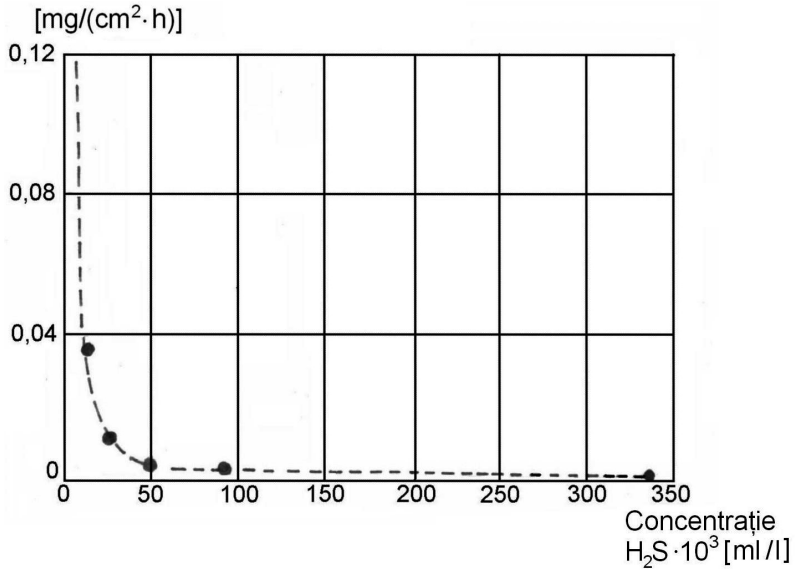


Fig. 1.3. Coroziunea acidă.

Hidrogenul sulfurat, sau mai degrabă ionul HS^-, este un inhibator al recombinării atomilor de hidrogen produşi prin reducerea protonilor la suprafața metalului; aceşti atomi intră deci în interiorul metalului unde se recombină creind două tipuri de deteriorări: goluri (bule) sub suprafața metalului, atunci când caracteristicile mecanice ale acestuia nu sunt prea ridicate şi fisuri când metalul este mai dur (>22 HRC) şi când este supus la eforturi.

d. Coroziunea microbiană şi bacteriană. Coroziunea datorată microorganismelor este produsă sau accelerată de un număr de mecanisme specifice pentru microbi (formarea de zone cu concentrații diferite de oxigen şi săruri, formarea de metaboliți agresivi cu acizi organici, anorganici şi sulfați, oxidarea şi reducerea metalelor şi dezacticvarea inhibitorilor de coroziune) şi pentru bacterii (reacția de bază a metabolismului acestora este reducerea ionului sulfat, catalizat de enzima dehidrogenoză; hidrogenul poate fi furnizat de materii organice sau chiar de procesul de coroziune a oțelului).

e. Manifestări vizibile ale diferitelor tipuri de coroziuni. Sub acțiunea individuală sau conjugată a acestor fenomene fizico-chimice, pot apărea diferite tipuri de coroziune, câteva dintre manifestările vizibile ale ascestora fiind prezentate schematic în figura 1.4.

1.2. PREVENIREA ŞI LIMITAREA COROZIUNII STRUCTURILOR IMERSE

Prevenirea şi limitarea coroziunii elementelor componente ale structurilor imerse se poate face în două moduri şi anume prin prevenire şi prin combatere şi reducere. Prevenirea coroziunii are ca scop diminuarea sau suprimarea cauzelor agresivității mediului prin: introducerea de substanțe inhibitoare de coroziune (anionice sau cationice), protecția catodică pasivă, introducerea de bactericide şi protecția catodică activă. Aceleaşi metode aplicate însă după apariția coroziunii nu mai pot decât, cel mult, să

reducă viteza procesului. La ora actuală 90% dintre structurile imerse sunt protejate prin protecție pasivă, cea activă fiind încă insuficient de bine stăpânită pentru a fi răspândită.

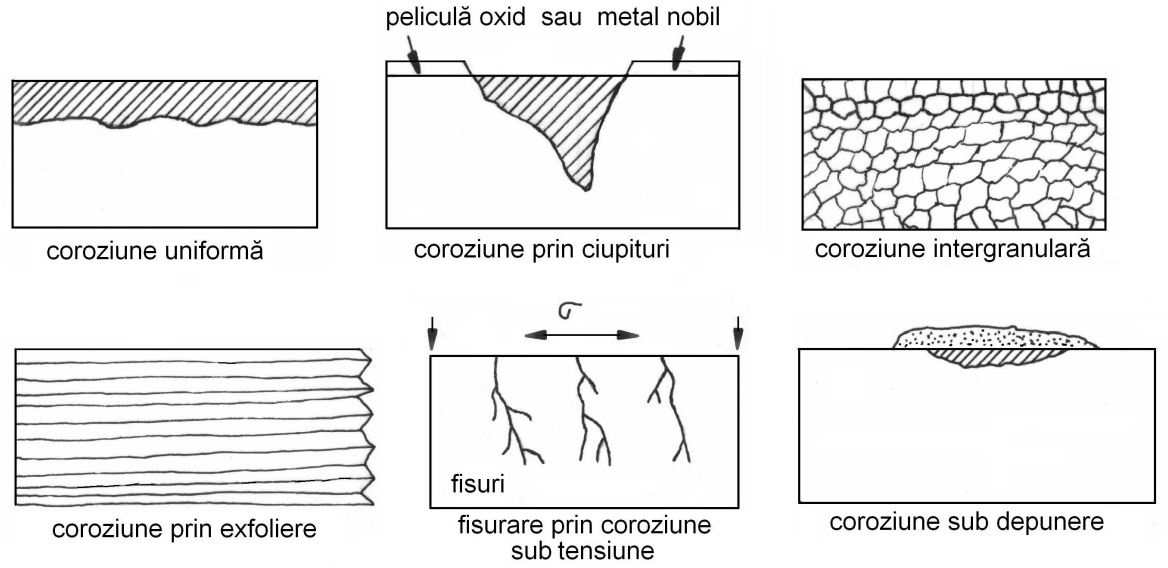


Fig. 1.4. Tipuri de coroziune.

1.3. ELEMENTE GENERALE PRIVIND CONTROLUL NEDISTRUCTIV AL STRUCTURILOR IMERSE

Indiferent de tip şi destinație, o structură imersă reprezintă o investiție costisitoare plasată într-un loc nesigur. Din această cauză elementelor sale portante li se acordă o atenție deosebită începând din faza de proiectare şi continuând pe întreaga perioadă de existență şi exploatare.

1.3.1. CONTROLUL NEDISTRUCTIV AL STRUCTURILOR IMERSE: NECESITATE, EVOLUȚIE ŞI PERSPECTIVE

În cele ce urmează se prezintă un scurt istoric al controlului nedistructiv la structurile imerse, urmărindu-se necesitatea, evoluția şi perspectivele controlului nedistructiv.

1.3.1.1. Necesitatea controlului nedistructiv

Structurile imerse sunt realizate, în general, din elemente tubulare de diametre şi grosimi diferite, îmbinate prin sudură. În faza de proiectare se prevăd diferite tehnologii de control defectoscopic nedistructiv al îmbinărilor sudate, adecvate etapelor procesului de producție.

Din experiența mondială, uneori nefericită, acumulată în exploatarea structurilor imerse, a rezultat că este absolut necesară reluarea acestui control cu o anumită periodicitate şi amploare. Principalele considerente care au impus această concluzie sunt: siguranța personalului care lucrează pe ele şi a instalațiilor tehnologice, siguranța ecologică a mediului marin înconjurător şi valoarea mare a investiției. Oriunde s-ar afla o structură

imersă, mai devreme sau mai târziu, trebuie verificată. O furtună majoră cu vânturi puternice şi valuri mari poate provoca avarii severe. Acest lucru poate fi evitat în multe privinţe dacă la aceste structuri se execută un control nedistructiv.

1.3.1.2. Evoluţia controlului nedistructiv

Spre deosebire de controlul din producţie, cel din exploatare se extinde şi asupra altor zone ale structurii (în afară de suduri) cu scopul de a depista eventualele efecte nedorite ale mediului şi ale solicitărilor cum ar fi: coroziuni (pe suprafaţă sau punctiforme), fisuri mecanice (datorate oboselii materialului) şi fisuri tenso-corozive intercristaline (datorate acţiunii combinate a mediului şi solicitărilor).

Zonele de control şi frecvenţa acestuia se determină prin calcule de rezistenţă laborioase, bazate pe metoda elementului finit şi a rezultatelor practice obţinute de-a lungul timpului, concretizate în programe de control elaborate de organisme specializate: BUREAU VERITAS; AUTORITATEA NAVALĂ ROMÂNĂ; AMERICAN BUREAU OF SHIPPING; LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING sau firme cu activitate în domeniul exploatărilor petroliere submarine (PETROMAR R.A.).

1.3.1.3. Perspective privind controlul nedistructiv

Rolul controlului structurilor imerse este de a depista transformările care au loc, fie vizual, fie prin metode tehnice diferite (aproximativ 50 la număr), nici una dintre ele nefiind universală şi deci neputând fi aplicată în toate cazurile. Dintre acestea, cea bazată pe folosirea ultrasunetelor oferă (conform statisticilor în domeniu, experienţei unor firme de prestigiu şi experienţei autorilor dobândită în campania de control din anul 1992 executată la platformele de foraj GLORIA, FORTUNA, JUPITER, SATURN, ATLAS şi la nava de stocaj BUŞTENARI cu **N**avele de **I**ntervenţii cu **S**cafandri de **M**are **A**dâncime (N.I.S.M.A.) GRIGORE ANTIPA şi EMIL RACOVIŢĂ folosindu-se aparatura B&W 1060 şi RP 4000 din dotarea PETROMAR) şanse superioare faţă de celelalte metode în depistarea şi evaluarea defectelor.

Firmele specializate în domeniu sunt, în general, în număr mare, orice firmă care se ocupă de activităţi de scufundare şi dipune de o dotare tehnică corespunzătoare, specialişti în interpretarea rezultatelor şi programe autorizate, poate executa acest control. Dintre firmele care execută aceste activităţi, folosind programe elaborate de LLOYD'S REGISTER, B.V., A.B.S., sunt: ENERGIE DIVING SERVICE din Norvegia, SMITH INTERNATIONAL din Olanda, OCEANEERING INTERNATIONAL din S.U.A., COMEX din Franţa etc. Aceste firme reprezintă coloşi care pot executa orice activitate de scufundare prin forţe proprii în orice parte a lumii, cu mii de angajaţi.

1.3.2. ORGANIZAREA UNUI ŞANTIER SUBACVATIC PENTRU CONTROLUL NEDISTRUCTIV AL STRUCTURILOR IMERSE

Pentru efectuarea în bune condiţii a controlului nedistructiv la elemente ale unei structuri imerse, este strict necesară organizarea corespunzătoare a unui şantier subacvatic unde să poată lucra în mod eficient scafandrii. Aceasta presupune pregătirea materialului, personalului şi organizarea şantierului pe faze de execuţie.

1.3.2.1. Pregătirea materialului

Un lucru esențial în executarea în bune condiții a controlului nedistructiv la o structură imersă îl constituie pregătirea aparaturii. Se vor face referiri la aparatura care nu intră de obicei în completul de scufundare standard, considerând că aceasta este folosită periodic. Astfel, se vor face referiri la sursele de iluminat, echipamentele de comunicație, camerele TV, aparatura fotografică şi aparatura de control ultrasonic.

a. Sursele de iluminare ale şantierului subacvatic. Înainte de efectuarea controlului, funcție de schema structurii de controlat, este necesar să se stabilească cu precizie schema instalației de iluminat a şantierului subacvatic şi locurile în care sursele de iluminat se pot alimenta.

b. Comunicațiile telefonice. Comunicațiile telefonice prin măştile faciale trebuie verificate amănunțit conform algoritmului propriu şi trebuie urmărită asigurarea unei rezerve de măşti. O atenție deosebită trebuie acordată legăturii cablului telefonic cu masca facială, loc unde, de obicei, se produc avarii care pot periclita legătura telefonică scafandru-post de suprafață; şi în acest caz este utilă asigurarea unei rezerve ținând cont de condițiile grele de lucru. Din experiența autorilor, a rezultat că nu este bine să se renunțe la aceste comunicații, nici în cazul în care instalația TV are încorporat un astfel de circuit.

c. Camera TV cu înregistrare video. Înainte de începerea lucrărilor este necesară verificarea complexului cameră TV–cablu de legătură cu suprafața–monitor–cablu monitor videorecorder–videorecorder, cu accent pe mufele de cuplaj. Un rol deosebit în succesul operațiunii îl au: legătura telefonică scafandru–cameră TV–monitor, care trebuie verificată amănunțit şi care trebuie dublată cu o legătură telefonică suprafață al doilea scafandru din echipă şi sursa de iluminat a camerei TV. Este necesar să fie operative mai multe camere TV, de regulă una alb-negru şi alta color. Casetele video folosite trebuie să aibă o mecanică fiabilă datorită condițiilor grele în care se lucrează.

d. Aparatura fotografică. Materialele fotosensibile. Pentru efectuarea de fotografii subacvatice în zona controlată este necesar să se pregătească două aparate de fotografiat cu două obiective, unul cu distanța focală scurtă şi altul cu distanța focală lungă, prevăzute cu blitz-uri. Ținând cont de vizibilitatea redusă, este recomandabil ca distanța de fotografiere să nu depăşească 1,5...2 m, iar diafragma trebuie aleasă cu ajutorul unui exponometru, profunzimea câmpului fiind realizată prin jocul distanțelor focale ale obiectivelor. Pentru reuşita fotografiei, este bine să se folosească filme color sau alb-negru cu sensibilitate mai mare de 24 DIN.

Înainte de începerea controlului, este de preferat să se verifice aparatura la suprafață; aceasta se poate efectua într-o cameră cu vizibilitatea aproape zero, fotografiindu-se un obiect de la diferite distanțe şi apoi alegându-se diafragma potrivită.

e. Aparatura de control ultrasonic. Aparatele de control ultrasonic bune de folosit în operațiuni subacvatice sunt, după opinia specialiştilor, acele aparate care îndeplinesc următoarele condiții: nu necesită o specializare ridicată a scafandrilor care le utilizează, afişarea rezultatelor se face direct în mm, pot fi folosite atât la măsurători de grosimi cât şi la defectoscopie, au o precizie ridicată în efectuarea măsurătorilor, nu

necesită o pregătire pretenţioasă a suprafeţei de lucru, nu necesită legătură telefonică sau video cu suprafaţa, iar citirea se face la suprafaţă.

1.3.2.2. Pregătirea personalului

Dacă pregătirea şi verificarea aparaturii în vederea executării unui control nedistructiv este o activitate de scurtă durată, pregătirea personalului necesită un timp îndelungat, perfecţionarea cunoştiinţelor şi consolidarea deprinderilor făcându-se în cursul activităţii efective. Pregătirea scafandrilor presupune două aspecte:

- pregătirea ca scafandru care durează toată perioada în care acesta lucrează, iar stadiul atins dă adâncimea la care poate executa lucrări subacvatice şi gradul de complexitate al acestora;
- pregătirea ca inspector-scafandru ce reprezintă pregătirea care se face înainte de executarea controlului şi în cadrul căreia, ţinând cont de cunoştinţele şi performanţele anterioare i se creează scafandrului deprinderi pentru folosirea aparaturii în condiţiile structurii pe care o are de controlat; aceste deprinderi vor fi consolidate chiar pe timpul executării controlului, pregătirea încheindu-se cu examenul de autorizare ca scafandru-inspector.

Formarea şi consolidarea deprinderilor este o problemă delicată şi totodată greu de rezolvat. Din acest punct de vedere, se disting două situaţii:

- echipa de scafandri execută, pe bază de comandă, un control total fără interpretarea rezultatelor; în acest caz şeful echipei cunoscând posibilităţile componenţilor şi în funcţie de structura de controlat îşi organizează echipele de scufundare, apoi două-trei zile le antrenează cu aparatura cu care se va lucra predând beneficiarului rezultatele;
- echipa de scafandri execută controlul împreună cu beneficiarul; în acest caz beneficiarul, împreună cu şeful echipei de scafandri, întocmeşte planul controlului; acest lucru, de obicei, se execută pe timpul antrenamentului, după ce beneficiarul a reuşit să cunoască posibilităţile echipei de scafandri; activitatea de control va fi condusă nemijlocit de beneficiar în colaborare cu şeful echipei, la sfârşitul fiecărei zile analizându-se rezultatele.

Paralel cu formarea deprinderilor, indiferent de modul de lucru, trebuie cunoscută structura de controlat. Ideal, acest lucru ar trebui făcut pe un model la scara 1:1. De asemenea, mai trebuie cunoscute condiţiile de fund şi eventualii apendici ai structurii, concomitent cu stabilirea unei prognoze meteo pe o durată de 15...20 zile.

1.3.2.3. Organizarea şantierului subacvatic pe faze de execuţie

Fazele de execuţie în cadrul unui şantier subacvatic organizat pentru executarea controlului nedistructiv pot fi, următoarele: inspecţia vizuală cu înregistrarea video a obiectivului, măsurarea potenţialului de protecţie catodică, măsurarea grosimii de perete şi controlul defectoscopic.

1.4. EFECTUAREA CU SCAFANDRI A CONTROLULUI NEDISTRUCTIV AL STRUCTURILOR IMERSE

Efectuarea cu scafandri specializaţi a controlului nedistructiv a diferitelor elemente componente ale diverselor structuri imerse presupune, în primul rând, examinarea vizuală a elementelor de structură imersă supuse controlului, apoi fotografierea şi filmarea acestora şi, în final, examinarea lor cu ultrasunete. Rezultatele examinărilor vizuale, ale înregistrărilor pe peliculă şi ale examinărilor cu ultrasunete sunt analizate de către specialişti în rezistenţa materialelor şi în comportamentul structurilor imerse, urmărindu-se detectarea unor eventuale defecte în vederea remedierii lor.

1.4.1. EXAMINAREA VIZUALĂ A STRUCTURILOR IMERSE

Pentru menţinerea, în condiţii de siguranţă, a funcţionării structurilor imerse, acestea trebuie să fie în permanenţă supravegheate şi controlate. Inspecţia subacvatică este o activitate tradiţională a scafandrilor şi se bazează în mod exclusiv, pe metode vizuale cum ar fi: ochii scafandrilor, fotografierea, filmarea şi televizarea subacvatică.

Având în vedere scopul inspecţiei vizuale, utilizarea ei imediată nu trebuie subestimată. Este deosebit de important ca un scafandru să fie în măsură să coboare până la nivelul stabilit în prealabil al structurii aflate sub apă, să o examineze şi să fie capabil să descrie exact ceea ce a văzut. Acest raport iniţial sau preliminar, poate fi sprijinit prin imagini foto, film sau video. Scafandrul poate privi obiectul în imagine stereoscopică şi în culoarea sa proprie, elemente care nu pot fi puse în evidenţă atunci când se încearcă reprezentarea obiectului la suprafaţă cu ajutorul fotografiilor, al peliculei de film, al imaginilor video şi al televiziunii subacvatice.

Inspecţia vizuală trebuie considerată ca un prim mijloc de investigare sau testare nedistructivă imediată. De aceea, toţi scafandrii folosiţi pentru inspecţie sunt obligaţi să execute antrenamente de inspecţie vizuală în orice ocazie, iar atunci când este necesară o inspecţie, se va apela la un program tipic de inspecţie împreună cu un sumar al principalelor metode pentru fiecare activitate ce se va desfăşura. O dată înţelese aceste metode cerute de diferitele inspecţii, pot fi abordate cele mai eficiente programe şi metode de inspectare.

Astfel, pe lângă metodele tradiţionale de inspectare, mai pot fi menţionate: testări nedistructive, inspecţia deteriorărilor prin coroziune, controlul şi îndepărtarea depunerilor de alge marine şi controlul curăţirii şi stabilităţii. Motivul de bază pentru inspecţie este acela de a ajuta la menţinerea integrităţii structurilor metalice în timp.

1.4.1.1. Examinarea efectuată cu ochiul liber

Observarea vizuală directă asupra unui obiect subacvatic asigură obţinerea unor prime informaţii ce pot fi furnizate specialiştilor în legătură cu caracteristicile obiectului supus observaţiei. La acest tip de inspecţie, ochiul uman este nespus de preţios în caracterizarea şi identificarea fenomenelor şi obiectelor subacvatice, dar numai până la un anumit nivel de apreciere, limitat. Astfel, cu o astfel de observaţie, nu se poate determina gradul de coroziune şi nu pot fi detectate fisurile şi defectele care nu pot fi percepute de către ochiul scafandrului. Pentru ca valoarea observaţiilor vizuale efectuate

de către scafandri să atingă cote cât mai înalte, trebuie să fie înregistrate comentariile verbale pentru corelarea ulterioară a acestora cu datele obținute prin celelalte metode de transmitere a imaginilor la suprafață.

Pentru a înțelege utilitatea şi valoarea inspecției vizuale este necesar să se imagineze o astfel de activitate în contextul ei tipic. În primul rând, cerințele beneficiarului inspecției s-ar putea încadra în următoarele: obiectul examinării va fi verificarea gradului de protejare al platformei şi al conductelor până la distanța de 20 m de la baza structurii sub apă, iar pentru realizarea acestui obiectiv se va proceda la inspecția vizuală a anozilor şi modului lor de fixare, a tuturor cablurilor de la anozi şi modul lor de fixare, a raiser-elor şi a modului lor de fixare, a picioarelor şi a modului lor de fixare şi a zonei fundului până la distanța de 20 m pentru a verifica conductele, prezența deşeurilor sau a altor materiale existente în perimetrul platformei. Pe baza celor arătate se va întocmi un plan de scufundare, care inițial se va referi la inspecția şi raportarea rezultatelor, după care se precizează părțile care se supun testărilor nedistructive.

Înainte de a intra în apă, scafandrul trebuie să memoreze la perfecție, poziția şi configurația exactă a componentei pe care urmează să o inspecteze. Această activitate se bazează pe o pregătire bună şi pe o planificare realistă.

În primul rând, se vor examina planurile structurii pentru a se identifica porțiunea care va fi inspectată. După aceea se va proceda la instructajul scafandrilor. Pentru a elimina confuziile, se vor face schițe şi planuri simplificate sau se vor folosi machete la scară atunci când este posibil. Familiarizat cu imaginea mentală a zonei de lucru, scafandrul va fi în măsură să se scufunde în punctul stabilit şi să selecteze porțiunea corectă pentru inspecție. Un ajutor în plus este faptul că, la un număr de structuri din oțel, picioarele şi anumite brațe sau tiranți care se intersectează, au notate pe ele marcaje de identificare în punctele cele mai importante. Astfel, scafandrul poate căuta o poziție „pe piciorul B încrucişat cu tirantul 36" şi îşi poate verifica poziția examinând marcajele de pe structură. Scafandrul poate începe lucrul sub apă, iar informațiile privind suprafața porțiunii inspectate pot fi disponibile imediat. În continuare, aparatura specială se poate dovedi cu adevărat necesară deoarece inspecția vizuală inițială îşi are importanța ei pentru precizarea tipului de aparat care urmează să fie folosit. Scafandrul care execută inspecția vizuală trebuie să distingă aspecte caracteristice privind fouling-ul marin, sudurile, avariile, anozii, stratul protector, deşeurile (materiale aruncate sau căzute în apă) şi aspectul fundului apei.

a. Inspecția privind fouling-ul marin. Principalul aspect urmărit prin inspecția cu scafandri privind fouling-ul marin este determinarea densității colonizării şi tipul de floră şi faună dezvoltată. Se va da atenție în special vegetației şi scoicilor (midii în special). Ca urmare a inspecției, va rezulta planificarea detaliată a curățirii.

b. Inspecția la suduri. După curățirea inițială şi pregătirea structurii, sudurile pot fi inspectate vizual de către scafandri. Aceasta înseamnă aprecierea discontinuității suprafeței sudurilor şi a zonei influențată termic. Se va acorda o atenție sporită căutării eventualelor semne de fisurare datorită tensionărilor şi de coroziune, fiind reținută culoarea produselor de coroziune.

c. Inspecția la avarii. În paralel cu inspecția la suduri scafandrii vor executa şi examinarea directă a tuturor avariilor structurii. Ele reprezintă stricăciuni provocate de furtuni, coliziuni, căderi accidentale ale unor obiecte voluminoase de pe platforme, de

pe navele de aprovizionare sau ca rezultat al suprasarcinilor sau tensiunilor de deformaţie.

d. Inspecţia la învelişul de protecţie. Acolo unde există un înveliş de protecţie al unui element de structură, scafandrul trebuie să verifice starea lui de integritate.

e. Inspecţia la anozi. Anozii sunt inspectaţi şi măsuraţi pentru a se determina cât s-a consumat din materialul acestora. Se verifică şi starea de uzură a pieselor care fixează anozi.

f. Inspecţia privind deşeurile. În permanenţă, pentru structurile marine fixe, se va cerceta cu scafandri volumul şi cantitatea materialelor aruncate sau căzute în jurul structurilor. La această etapă a inspecţiei este necesar să se stabilească cel puţin tipul şi cantitatea acestor deşeuri.

g. Inspecţia privind aspectul fundului apei. Anumite fenomene aşa cum sunt valurile, curenţii, mareele, pot produce modificări ale fundului apei afectând astfel baza structurilor imerse sau conductelor submarine.

Deplasarea nisipului lasă aceste structuri în dezechilibru, producând deplasări, rotiri sau chiar ruperi ale acestora. Deşi există construcţii speciale pentru prevenirea deplasării şi modificării fundului, este necesară o inspecţie periodică pentru verificarea stabilităţii structurii imerse şi observarea fundului apei în zona de amplasament

1.4.1.2. Pregătirea teoretică şi practică a inspecţiei vizuale. Unelte şi metode pentru curăţarea structurilor imerse

În prezent nu există un mod special de pregătire pentru scafandrul care execută inspecţia directă. Totuşi, există modalităţi de pregătire pentru scafandrul care execută controlul nedistructiv, ce are în vedere şi o anumită tehnică vizuală. Un plan de control trebuie precedat de o inspecţie vizuală preliminară. Planificarea unui exerciţiu de testare nedistructivă va necesita, în ultimă instanţă, o inspecţie vizuală în scopul recunoaşterii obiectelor şi acumulării de informaţii în vederea elaborării planului detaliat. Pentru acest motiv, cercetarea vizuală trebuie să rămână una din tehnicile de bază ale scafandrului care execută inspecţia subacvatică.

Nici un control nedistructiv nu poate fi executat fără o pregătire minuţioasă a suprafeţei care trebuie inspectată. Cele mai corecte rezultate se obţin pe luciu metalic.

Există o mare varietate de unelte şi scule disponibile pentru această activitate dintre care pot fi amintite: *scule manuale* (raşchete, perii de sârmă, ciocane, dălţi etc.), *unelte pneumatice* (unelte de perforat, unelte de polizat etc.), *unelte hidraulice* care prezintă avantajul că funcţionează la orice adâncime, *jeting-uri cu apă* la presiune mare care sunt eficiente la îndepărtarea pietrişului şi nisipului subacvatic.

1.4.1.3. Iluminatul subacvatic

Nu se poate efectua o inspecţie amănunţită la structuri şi instalaţii aflate sub apă fără a ţine seama de condiţiile de vizibilitate. Aceasta impune o apreciere a condiţiilor de luminozitate din apă şi necesitatea iluminatului sub apă.

Există patru metode principale de inspecţie vizuală şi anume inspecţia cu ochiul liber, inspecţia fotografică, inspecţia cu ajutorul imaginilor televizate şi inspecţia cu ajutorul imaginilor filmate. Toate metodele sunt afectate de modul în care pătrunde lumina în apă. Sub apă, lumina scade pe măsură ce adâncimea creşte. În apă limpede, la

adâncimea de 5 m, energia luminoasă este redusă la 1/4 din valoarea de la suprafață, la 15 m ea va fi redusă la 1/8 din valoarea inițială, iar la 40 m valoarea energiei luminoase este diminuată la 1/30. Datorită mai multor fenomene guvernate de legi fizice, lumina pătrunde diferit în apă față de aer. Datorită acestui fapt, rezultă următoarele efecte corespunzătoare fenomenelor care guvernează pătrunderea luminii în apă: absorbția culorilor în apă, reducerea contrastului, scăderea intensității luminii din cauza absorbției acesteia în apă, reflexia şi refracția luminii la interfața aer/apă şi absorbția şi dispersia luminii de către particulele solide aflate în suspensie în masa de apă.

a. Absorbția culorilor în apă. Lumina, în cazul aplicațiilor fotografice, este denumită lumină albă. Aceasta poate fi descompusă într-un spectru al culorilor fundamentale care sunt: roşu, portocaliu, galben, verde, albastru indigo şi violet. Lumina nu este absorbită de apă ca atare, ceea ce are ca efect reducerea numărului de culori din spectru. Apa de mare curată absoarbe în primul rând culoarea roşie din spectru, iar pe măsură ce creşte adâncimea sunt reținute tot mai multe culori. Astfel, dispar în primul rând culorile roşu şi portocaliu, apoi galbenul iar verdele şi albastrul persistă mai mult. Această absorbție a unei părți din culorile spectrului pune multe probleme atunci când se fac fotografii subacvatice. Absorbția culorilor cu lungime mai mare de undă are ca efect conferirea unei nuanțe albastru-verzui luminii pătrunse la adâncimi de peste 20 m. Aceasta înseamnă că la fotografierea monocromă efectul este reducerea contrastului iar la fotografia în culori efectul constă în faptul că întrega imagine capătă o nuanță verde. Există două moduri de a compensa fenomenul. Primul mod constă în aplicarea unui filtru roşu peste lentilă. Această soluție nu se foloseşte prea des pentru că filtrul reduce de fapt toată lumina disponibilă care ar mai putea ajunge la pelicula fotosensibilă, chiar dacă balanța culorilor se restabileşte. Al doilea mod constă în folosirea luminii artificiale. În felul acesta se reface contrastul pentru pelicula monocromă şi se reduce tenta verzuie la fotografiile în culori.

b. Reducerea contrastului sub apă. Când se priveşte un obiect, forma şi structura sa devin aparente pentru ochi datorită diferitelor intensități ale luminii care este reflectată de suprafața obiectului. Dacă diferențele de intensitate a luminii sunt marcante, contrastul este bun în sens fotografic. Dacă diferențele de intensitate sunt mai puțin marcante sau inexistente, obiectul are contrast slab iar imaginea este ştearsă. Contrastul în sine nu înseamnă rezolvarea integrală a problemei deoarece se mai ia în considerare şi rezoluția.

c. Scăderea intensității luminii sub apă. Fenomenul de scădere a intensității luminii sub apă este cel mai bine cunoscut. De fapt, cu cât scafandrul coboară mai adânc, cu atât intensitatea luminii scade. Problema scăderii intensității luminoase este destul de complicată, fapt pentru care se va face o prezentare a tuturor factorilor incriminați incluzând comportarea razei de lumină la interfața aer/apă, atenuarea luminii, dispersia acesteia etc. La suprafața de separație dintre aer şi apă, lumina solară întâlneşte bariera apei. În apă pătrund numai razele verticale sau aproape verticale, în timp ce acelea cu unghi de incidență foarte mare vor fi reflectate. Deci, dimineața şi după amiaza, în apă va pătrunde foarte puțină lumină. Dacă suprafața apei este ondulată, înseamnă că vor fi mai multe suprafețe care vor reflecta lumina şi deci

cantitatea de lumină care pătrunde în apă scade. Legea lui Snell se referă la acest aspect deosebit al fizicii.

Pe măsură ce străbate apa, lumina este atenuată, ceea ce reduce cantitatea de lumină disponibilă pentru o anumită adâncime. Atenuarea luminii nu este constant proporţională cu adâncimea. Pe măsură ce o anumită cantitate de lumină intră în apă, o parte din această lumină întâlneşte particulele aflate în suspensie şi este reflectată de acestea, lumina fiind dispersată. Fenomenul dispersiei afectează şi lumina artificială.

d. Importanţa iluminatului sub apă. Calitatea tehnică a fotografiei realizată sub apă este direct proporţională cu calitatea iluminării subacvatice, cu alte cuvinte mai multă lumină înseamnă calitate. Totuşi, sursa de lumină trebuie foarte bine amplasată. Înainte de a defini importanţa iluminatului corect, ar trebui reamintit faptul că un detaliu poate fi vizibil atât în zona punctului iluminat cât şi în zona cu iluminat mai scăzut. Fotografia nu este bună pentru tehnicieni dacă detaliile nu pot fi observate.

Folosirea mai multor surse de iluminat permite luarea unor detalii mai fine dar necesită un efort suplimentar. În unele cazuri, folosirea unei singure surse de iluminare devine preferabilă în condiţiile tehnice cerute.

Pentru asigurarea iluminatului subacvatic în vederea fotografierii sau filmării sub apă, se pot folosi două tipuri de surse de iluminat: lămpi fixe şi flash-uri electronice.

Lămpile fixe sunt, în mod uzual, la îndemâna scafandrului sau vehiculelor subacvatice şi pot fi cu spectru amestecat, unele cu tendinţă spre galben, altele cu tendinţă spre verde. Unele dintre acestea pot fi adecvate pentru prelucrarea de imagini video, dar nu şi pentru fotografiere. Lămpile fixe sunt greoaie şi voluminoase, necesită folosirea exponometrului şi sunt de putere mică, motiv pentru care nu aduc prea mari avantaje în fotografierea subacvatică, cu excepţia unor aplicaţii speciale.

Flash-urile electronice sunt mai des utilizate deoarece oferă puterea necesară adecvată pentru obţinerea fotografiei ce se doreşte a fi executată, oferă spectrul culorii filmului fabricat pentru lumina zilei, sunt compacte şi uşor de transportat şi sunt ieftine.

Amplasarea luminii adiţionale este importantă dar nu poate elimina compromisul dintre iluminatul ideal şi iluminatul posibil de realizat.

În acest sens se pot face două speculaţii prezentate în continuare.

Prima speculaţie constă în reducerea volumului de apă dintre subiect şi lentile. Scafandrul trebuie să se apropie cât mai mult de subiect pentru a-l fotografia.

A doua speculaţie constă în faptul că atunci când nu este lumină suficientă şi deci zona este neclară, se câştigă iluminare din axa camerei. Din nefericire, în acest caz, se tinde la o iluminare a subiectului dintr-o singură parte.

Pentru amplasarea luminilor se recomandă să se ia în considerare anumite reguli de amplasare a lămpilor de iluminat, prezentate în cele ce urmează:

- Pentru toate lucrările: se păstrează offset-ul flash-ului electronic pe axa lentilelor astfel încât să nu reducă dispersia înapoi şi se asigură unghiul lămpii adecvat mărimii subiectului, respectiv poziţia flash-ului şi unghiul camerei de fotografiat video sau de filmat.
- Pentru lucrările în spaţii închise (subiectul cu dimensiuni de ordinul a 5...50 cm): se menţine iluminatul, într-o parte a subiectului urmărit atunci când se foloseşte un singur flash; se plasează la o distanţă rezonabilă de subiect, două

flash-uri ce se vor aşeza la distanţe egale, iar scafandrii trebuie să se asigure că umbra lor nu cade pe subiect;

- Pentru lucrări la distanţă (subiectul cu dimensiunile de ordinul 50...150 cm): se menţine flash-ul în faţa camerei (la aproximativ 25...30 cm) oriunde este posibil şi se asigură că dispozitivul pentru flash-ul electronic nu este aşezat în câmpul vizual al aparatului.

Iluminatul are o mare importanţă, nu numai pentru fotografierea sau transmiterea de imagini cu ajutorul televiziunii cu circuit închis ci şi pentru celelalte metode de inspecţie acolo unde vizibilitatea este slabă sau nu există.

1.4.2. FOTOGRAFIEREA SUBACVATICĂ

Realizarea unei fotografii subacvatice, comportă ducerea la bun sfârşit a unui şir de acţiuni care se pot grupa în două etape după cum urmează. Prima etapă este fotografierea în cadrul căreia, cu ajutorul obiectivului aparatului fotografic, se obţine o imagine ce este înscrisă în emulsia sensibilă a materialului fotografic negativ, iar cea de-a doua etapă este etapa în care are loc prelucrarea imaginii. Aceasta este etapa în care imaginea înscrisă este fixată şi transpusă pe materialul pozitiv sub formă de fotografie sau de diapozitiv. În acest paragraf se vor aborda aspecte din cadrul primei etape, făcându-se şi unele referiri tehnice la filmarea subacvatică şi la înregistrările video subacvatice, în special, la cele care sunt comune şi fotografiei subacvatice.

Fotografierea subacvatică (poate mai corectă ar fi denumirea de fotografiere „prin apă" spre a o deosebi de cea obişnuită „prin aer") constă în captarea şi înregistrarea pe peliculă a imaginii unor subiecte aflate în mări şi oceane, fluvii, râuri, lacuri, bazine de înot sau acvarii. Pentru practicarea acestui gen fotografic, cu totul special în ceea ce priveşte proprietăţile mediului în care se lucrează, se impun a fi rezolvate două probleme: asigurarea securităţii vieţii scafandrului şi a integrităţii materialelor şi aparaturii pe care o posedă pentru realizarea fotografiei şi adaptarea tehnicii fotografice la condiţiile impuse de proprietăţile optice ale mediului în care are loc luarea imaginilor.

La acest gen de fotografii trebuie ţinut seama de faptul că apa este un filtru natural nedorit, dar de neînlăturat, ale cărui calităţi optice submediocre afectează esenţial calitatea imaginii. În context se poate sublinia că ceea ce agravează în mod suplimentar este şi faptul că efectele „nocive" ale filtrului acvatic se cumulează, el fiind plasat simultan atât între sursa de lumină şi subiect cât şi între acesta şi obiectivul fotografic.

Pentru alegerea acţiunii raţionale în cadrul acestei lupte „antifiltru", este necesar să se cunoască principalele modificări pe care le suferă lumina la pătrunderea ei în apă şi la traversarea sa în acest mediu. În luarea imaginilor subacvatice, în afară de cunoaşterea tehnicii, un rol deosebit îl are operatorul care în permanenţă trebuie să-şi adapteze modul de realizare a scopului la condiţiile mediului.

Primele fotografii subacvatice au fost realizate în anul 1893 de Luis Boutan, cu ajutorul unui aparat etanş, foarte greu, manevrat cu o macara. Tot el a utilizat în anul 1900 primul flash cu magneziu sub apă. În anul 1927 sunt realizate primele fotografii subacvatice color. Primele filmări subacvatice au fost efectuate în anul 1913 de către J.E.Williamson, iar primele transmisii televizate de sub apă au fost efectuate în anul

1947 de către specialiştii americani pentru urmărirea efectelor exploziei nucleare în atolul Bikini, utilizând o cameră subacvatică fixă. În timpul scurs de la datele acestor începuturi, au avut loc evoluţii importante ale aparatelor fotografice, de filmare şi video, a tehnicilor de lucru, a echipamentelor auxiliare şi a materialelor folosite.

În cele ce urmează sunt prezentate, pe scurt, consideraţii asupra aparatelor şi tehnicilor foto–video subacvatice.

1.4.2.1. Aparate fotografice subacvatice

De la inventarea fotografiei şi până astăzi istoria evoluţiei aparatelor fotografice arată că forma şi dimensiunile precum şi materialele din care s-au confecţionat ca şi dispozitivele de funcţionare ale aparatelor au fost deosebit de variate, dar ceea ce a rămas totuşi acelaşi este principiul de bază privind utilizarea camerei obscure. Indiferent cât de complicate şi sofisticate au fost aceste aparate, indiferent că au ajuns în cosmos sau pe fundul mării, ele au fost construite în totalitate după principiul camerei obscure pentru că schematic şi astăzi se deosebesc cele cinci părţi componente ale unui aparat fotografic şi anume (fig. 1.5): obiectivul fotografic, camera obscură, magazia materalului fotosensibil, obturatorul şi sistemul de vizare. Pentru ca aparatul fotografic să devină apt să lucreze în mediul acvatic, iniţial au fost concepute carcase etanşe în care era introdus aparatul şi care permiteau, printr-un sistem de pârghii diferite, realizarea unor comenzi asupra aparatului.

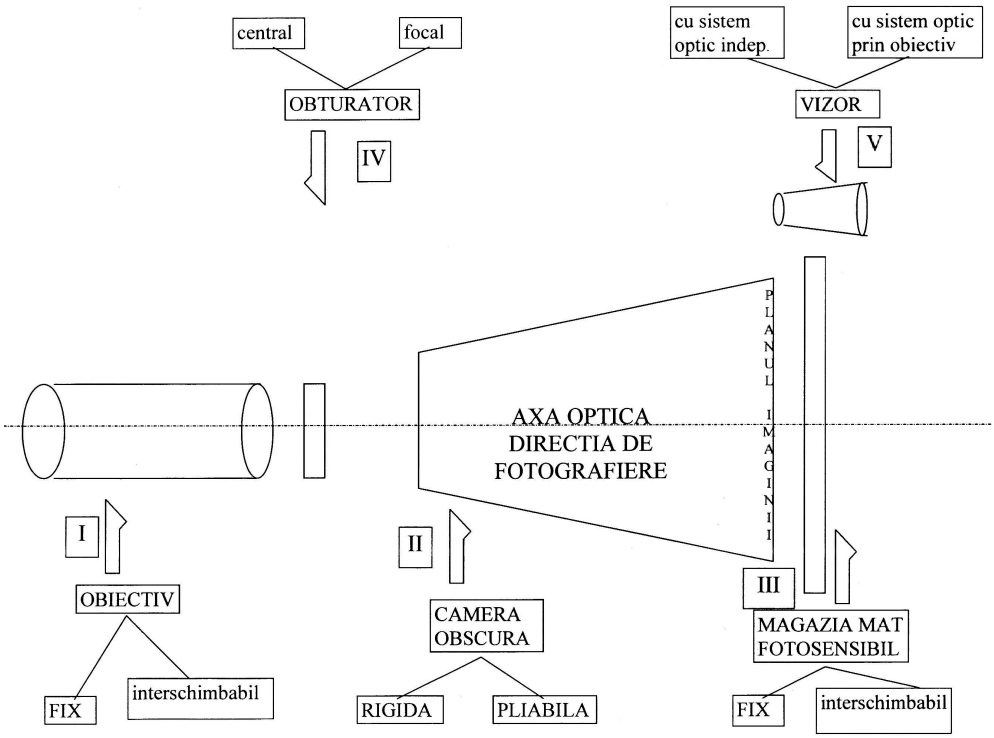


Fig. 1.5. Schema de principiu a unui aparat de fotografiat subacvatic.

Cu toate perfecţionările aduse acestei tehnici de către firme cu prestigiu ca Leitz, Cannon şi Kodak, în prezent se folosesc în special camere etanşe din familia Nikon, Benthos etc. O revoluţie în domeniul fotografiei subacvatice a produs-o acum

patruzeci de ani firma Nikon prin lansarea pe piață a aparatelor din gama CALYPSO, iar apoi pe cele din gama NIKONOS din cadrul căreia se remarcă prin robustețe şi fiabilitate în condiții grele de lucru, tipul NIKONOS III. Aparatul fotografic NIKONOS III, format 24×36 mm, este conceput să lucreze până la adâncimi de 50 m fără nici un mijloc de protecție exterior. Aparatul se caracterizează printr-o mecanică de înaltă precizie şi un grad sporit de fiabilitate puse în slujba unor obiective specializate pentru fotografia „prin apă" de tip NIKKOR. Tehnicienii de la firma NIKON au reuşit ca la acest aparat să fie nevoie de un număr extrem de redus de operațiuni pentru a fi pus în funcțiune. El se poate sincroniza atât cu flash-uri electronice cât şi cu flash-uri cu magneziu conform tabelului de mai jos (tab. 1.1).

Pentru filmul color se recomandă ca la obiectivele NIKONOR să se folosească filtrele I'A2 şi I'A12, iar pentru filmele alb-negru filtrele Y44, Y48, Y52 şi O56 filtre cu care aparatul se şi comercializează în complet, care de altfel mai dispune şi de următoarele obiective: UW NIKKOR 15 mm f:2,8; UW NIKKOR 28 mm f:3,5; W NIKKOR 35 mm f:2,5 şi NIKKOR 80 mm f:4.

Tabelul 1.1

Sincronizarea aparatului fotografic NIKONOS III cu diferitele tipuri de flash-uri

Contact	Tip Flash	Viteză obturator					
		500	250	125	60	30	B
FP	M						
	FP						
	MF						
X	electronic						

Se poate sincroniza Nu se poate sincroniza

Celelalte caracteristici ale aparatului NIKONOS III sunt: montura obiectivului, baioneta, obiectivul standard 35 mm f:2,5, obturatorul vertical pe plan focal cu viteze cuprinse între 1/30 şi 1/500 secunde plus B, obturatorul care se declanşează şi se armează cu ajutorul unui levier care în acelaşi moment comandă şi avansul unei noi fotograme, contorul de imagini care începe cu "0" după ce s-au efectuat primele două armări şi dezarmări şi scoaterea filmului care se face normal.

Dezvoltarea acestui asistem a condus la apariția tipului NIKONOS V, primul aparat fotografic cu expunere automată (fig. 1.6). Acesta este o cameră de fotografiat automată, subacvatică, format 35 mm, concepută să lucreze cu două flash-uri SB-102 şi SB-103 deodată, cu obiective interschimbabile NIKKOR (UW-NIKKOR 15 mm f:2,8; 20 mm f:2,8; 28 mm f:3,5; W NIKKOR 35 mm f:2,5; NIKKOR 80 mm f:4).

Fig. 1.6. Aparatul de fotografiat sub apă NIKONOS V.

Aparatul are un sistem de expunere care funcționează astfel: se introduce sensibilitatea filmului ASA/ISO, se stabileşte viteza de expunere între 1/1000 s şi 1/30 s, distanța de fotografiat şi diafragma până când indicatorul din vizor arată că la viteza prestabilită cu diafragma expunerea este corectă. În vizor apar: viteza de expunere şi viteza de corectare, existența suprapunerii, existența subexpunerii şi flash-ul gata de lucru. Aparatul poate folosi filme având sensibilitatea cuprinsă între 25 ASA/ISO şi 400 ASA/ISO la fotografierea cu flash-ul şi 25...1600 ASA/ISO la fotografierea fără sursă artificială de lumină.

Şi alte firme au realizări notabile în acest domeniu, aşa cum sunt cele ale firmei BENTHOS. Dacă primul sistem NIKONOS se poate folosi la adâncimi cuprinse între 0 m şi 50 m, pentru toate genurile de fotografii, sistemul de camere BENTHOS sunt specializate pentru fotografii la mare adâncime şi sunt profilate pe un anumit domeniu aşa cum sunt controlul nedistructiv, explorările geologice, studiile de biologie şi explorările geografice. Primul sistem se foloseşte direct de către scafandru, iar cel de-al doilea se instalează pe diferite vehicule subacvatice lucrând cu preponderență automat, din acest punct de vedere ele deosebindu-se de aparatul de fotografiat obişnuit, fiind mai mult analog camerelor de filmat. Specialiştii de profil consideră că cele două firme NIKON şi BENTHOS sunt lideri mondiali ai producătorilor de aparate de fotografiat subacvatice. În tabelul 1.2 se prezintă caracteristicile câtorva tipuri de aparate de fotografiat subacvatice.

Tabelul 1.2

Câteva tipuri de aparate de fotografiat subacvatice

Fabricant	Model	Format	Nr. foto	Obiectiv standard	Parametrii de claritate	Corector subacvatic	Adânc. Max.
ALPA REBIKOFF	DR-8	24×36 mm	800	21 mm f: 3,4 SCHEINEDER	fix 1,5 m	IVANOFF	450 m
BENTHOS	374	24×36 mm	400	2,8 mm f: 2,8 NIKKOR	600 mm la ∞	cu obiectiv NIKKOR	1000 m
HASSELBLAD	500 ELM	6×6 cm	72 sau 200	50 mm f: 4 DISTAGON	150 mm la ∞ cu 50 mm	cu lentile supliment are de corecție	200 m
NIKKON	NOKKONOS	24×36 mm	36	80 mm	0,8 la ∞	nu	50 m

	III			35 mm 28 mm 15 mm		nu lentile u/w lentile u/w	
OSEL	Camera automatică HYDROSCAN	24×36 mm	250	30 mm f: 16 sau 50 mm f: 16	fix 90 mm	da nu	300 m
PHOTOSEA	1000	24×36 mm	250	28 mm f: 3,5 u/w NIKKOR	300 mm la ∞	cu obiectiv NIKKOR (sistem de corecție integrat)	600 m
UMEL	SWC	24×36 mm	400	35 mm f: 2,8 NIKKOR	15 mm la ∞	cu obiectiv NIKKOR	1500 m
U.V.S.	MD 600 ON 250	24×36 mm	250	21 mm la 50 mm	de la elem. frontului la ∞	IVANOFF	600 m

1.4.2.2. Materiale fotosensibile şi caracteristicile lor

Materialele fotosensibile întrebuințate la fotografierea subacvatică, ca la orice fotografiere, sunt de două feluri: negative şi reversibile, alb-negru şi color, având la bază sărurile de argint. Cea mai importantă însuşire a lor este sensibilitatea la lumină. Influențarea lor de către lumină este invers proporțională cu sensibilitatea lor. Dacă se reduce iluminarea la jumătate din valoarea inițială este necesar să se folosească un material fotosensibil de două ori mai sensibil şi invers. În continuare, se prezintă caracteristicile importante ale materialelor fotosensibile utilizate la fotografierea sub apă şi anume: sensibilitatea, granulația, gradația şi latitudinea de expunere.

a. Sensibilitatea. Pentru determinarea sensibilității generale există mai multe criterii sensitometrice. În sensitometrie corelația dintre înnegrirea sărurilor de argint şi lumina care a acționat asupra lor se exprimă prin cunoscuta curbă de înnegrire sau curba gama. Această curbă indică, în mod schematic, cum înnegrirea între anumite limite creşte progresiv în raport cu cantitatea de lumină primită.

Cu ajutorul unui aparat numit densitometru această înnegrire se poate măsura. Cifrele care exprimă sensibilitatea în diferite sisteme (DIN, ASA şi GOST) nu au o relație riguros matematică de echivalență între ele.

La filmele în culori, sensibilitatea generală este indicată de aceleaşi unități ca şi la cele alb-negru, astfel încât se pot folosi aceleaşi metode de determinare a expunerii. În realitate, cele trei straturi cromatice ale filmului nu prezintă toate aceeaşi sensibilitate, decât în cazul unei expuneri corecte, într-o iluminare corespunzătoare.

În afară de sensibilitatea generală, materialele fotosensibile prezintă şi o anumită sensibilitate cromatică, astfel ca cele alb-negru, în funcție de componenta spectrală a iluminării, să transpună în scara cenuşie „valori corespunzătoare” pentru a da ochiului omenesc aceeaşi impresie de luminozitate a subiectului fotografiat ca şi cele cromatice.

b. Granulația. O altă caracteristică a materialelor fotosensibile este granulația care este în strânsă legătură cu sensibilitatea materialului şi anume cu cât emulsiile sunt mai sensibile cu atât granulația lor este mai mare, pentru aceleaşi condiții de

developare. Din acest punct de vedere materialele fotosensibile se pot clasifica în trei categorii: cu granulaţie fină (cele mai puţin sensibile), cu granulaţie normală (cele de sensibilitate medie) şi cu granulaţie mare (cele mai sensibile). Granulaţia este consecinţa distribuirii neuniforme a granulelor sărurilor de argint în masa gelatinoasă a emulsiei. Ca urmare, detalii fine nu apar pe negativ cu aceeaşi finețe existând o limită în care două linii vecine ale imaginii se înregistrează pe peliculă contopite în una singură.

Limita aceasta constituie, de fapt, puterea de separare a materialului fotosensibil, fiind cuprinsă între 80 şi 100 linii pe mm. Puterea separatoare în fotografia subacvatică are o importanţă deosebită la filme de format mic fiindcă imaginile pozitive se obţin prin mărire după negativele obţinute pe film, granulaţia fiind amplificată în acelaşi raport de mărire şi apărând în mod supărător. La materialele fotosensibile color, granulaţia are o influenţă mult mai mică prin faptul că, prin procesul de developare, granulele sărurilor de argint se elimină din emulsie pentru a rămâne numai straturile cromatice.

c. Gradaţia. Gradaţia materialelor fotosensibile reprezintă modul în care diferitele tonalităţi ale subiectului fotografiat sunt transpuse într-o anumită trecere mai mult sau mai puţin treptată de la alb-cenuşiu la închis-negru.

Raportul diferitelor străluciri ale subiectului, de la cea mai intensă la cea mai slabă, constituie factorul de contrast al subiectului, fiind cuprins între 1/2 şi 1/5000 pentru subiectele obişnuite de fotografiere. Pentru ca intervalul de strălucire al subiectului să fie redat corespunzător dorinţei fotografului, trebuie ca emulsia folosită să prezinte o anumită gradaţie. Caracteristica fundamentală a fiecărei emulsii este reprezentată de curba de înnegrire sau curba gama.

Cu cât curba gama şi deci unghiul alfa este mai mare, cu atât emulsia are tonuri cenuşii intermediare mai puţine de trecere de la alb la negru. Astfel, emulsiile sunt considerate cu gradaţie: dură când gama este mai mare decât 1 (alfa 45), normală când gama este cuprinsă între 1 şi 0,75 (alfa cuprins între 37 şi 45) şi moale când gama este mai mică de 0,75 (alfa mai mic de 87). Cu cât emulsia este mai puţin sensibilă cu atât are gradaţia mai dură.

d. Latitudinea de expunere. Din practică s-a stabilit că există o anumită corelaţie între intervalul de strălucire al subiectului (factorul de contrast) şi gradaţia emulsiei, în sensul ca emulsia să fie capabilă să transpună (în tonuri de cenuşiu) în mod corespunzător tot intervalul acesta de străluciri. Pe curba de strălucire acest interval trebuie să fie cuprins în porţiunea rectilinie a ei, orice strălucire (slabă sau intensă) în afara acestei porţiuni producând imagini necorelate cu contrastul real al subiectului şi deci materialul folosit nu este indicat pentru fotografierea subiectului ales.

Porţiunea rectilinie este zona expunerilor corecte. Această zonă poate fi mai mare sau mai mică, evidenţiindu-se prin înclinarea ei faţă de axa expunerii. Cu cât curba este mai înclinată (unghiul mai mic) cu atât gradaţia materialului fotosensibil este mai moale şi are o zonă de expunere corectă mai mare.

Când intervalul de străluciri al subiectului este mai mic şi se cuprinde de mai multe ori în mărimea porţiunii rectilinii, înseamnă că expunerea poate avea mai multe valori, iar transpunerea tonalităţilor rămâne conformă subiectului. Raportul dintre porţiunea rectilinie a curbei (zona expunerii corecte) şi intervalul strălucirii subiectului (factorul de contrast) se numeşte *latitudinea de expunere*. Ca acest raport

să aibă valoare cât mai mare trebuie ca ori subiectele să fie cu contrast mic, ori emulsia să fie cu gradaţie moale. Mărimea raportului arată cât de mare poate fi valoarea expunerii, rămânând totuşi corectă. Zona expunerii corecte este mai mare la emulsiile cu gradaţie moale şi se micşorează cu cât gradaţia este mai dură.

La materialele fotosensibile color zona expunerilor corecte este mult mai mică deoarece este condiţionată de cele trei curbe gama a celor trei straturi care nu se suprapun decât pe o porţiune mică. Orice expunere care depăşeşte această zonă ca efect al debalansării culorilor, produce o dominantă nedorită. Dominanta de culoare este o consecinţă a faptului că densitatea coloritului este mai redusă la un strat sau chiar două faţă de al treilea strat al imaginii care este corect. Pentru situaţiile curente de fotografiere, în special la emulsiile sensibile color, chiar la o mică eroare de expunere, imaginea prezintă diferenţe cromatice cu atât mai mari cu cât contrastul subiectului este mai mare. Subiectele cu contrast foarte mare nici nu se pot fotografia pe materiale color din cauza aberaţiilor de culoare care rezultă.

Din prezentarea, pe scurt, a principalelor caracteristici a materialelor fotosensibile rezultă că, în fotografia subacvatică care nu foloseşte sursa de iluminat artificial (lampă fulger, proiector, faclă subacvatică), materialele alb-negru cele mai potrivite ar fi cele cu sensibilitate de 20...24 DIN.

Peliculele din acest interval de sensibilitate prezintă o latitudine de expunere suficient de mare, o sensibilitate generală bună, o granulaţie şi o gradaţie moderate, permiţând efectuarea unor fotografii bune şi fără ajutorul unui exponometru subacvatic. Pentru materialele color negative sau pozitive efectuarea de fotografii subacvatice fără surse de iluminat artificiale este foarte dificilă. Din practica autorilor rezultă că peliculele cele mai potrivite ar fi tot cele cu o sensibilitate medie de 20...24 DIN, dar efectuarea de fotografii subacvatice fără exponometru este foarte dificilă, iar în Marea Neagră, pe litoralul românesc, nu s-a reuşit efectuarea de fotografii color fără surse de iluminat artificiale şi fără exponometru subacvatic decât până la adâncimea de aproximativ 3 m.

1.4.2.3. Punerea la punct a imaginii şi condiţiile de claritate

Punerea la punct a imaginii se referă la urmărirea clarităţii şi definirea neclarităţii admisibile, aceste două componente fiind prezentate în cele ce urmează.

a. Operaţia de punere la punct cu urmărirea clarităţii. Prin deplasarea corespunzătoare a obiectivului în raport cu suprafaţa emulsiei sensibile, se poate schimba mărimea distanţei (a'). Toate punctele cuprinse în planul perpendicular (PS) pe axa optică la această distanţă (a) vor avea imaginile cuprinse în planul (PI) de asemenea perpendicular pe axa optică la distanţa (a') (fig. 1.7).

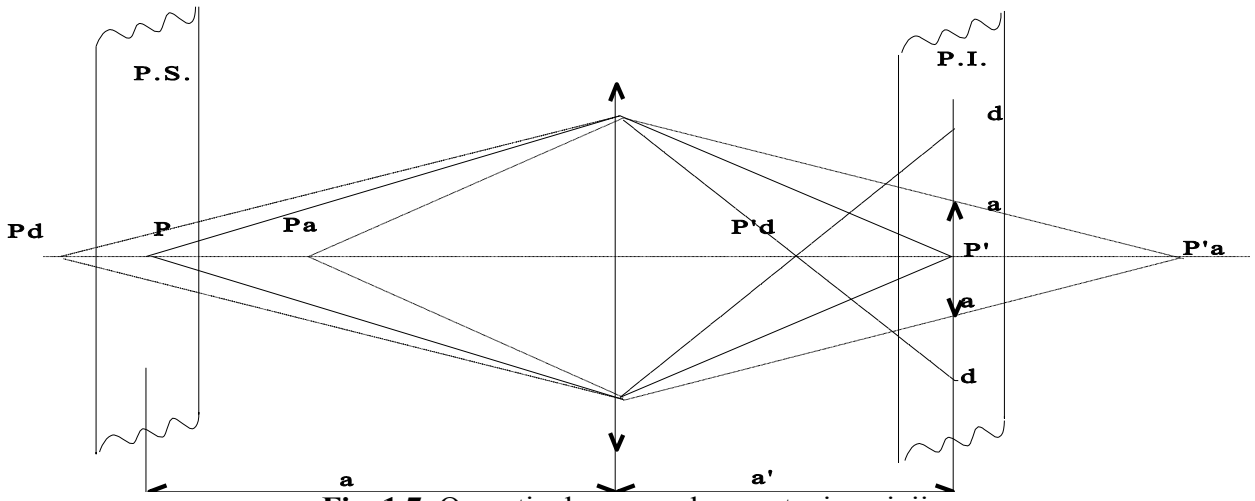


Fig. 1.7. Operația de punere la punct a imaginii.

Subiectul fotografiat, nu cuprinde numai punctele aflate în planul (PS) ci şi punctele aflate înaintea acestui plan (Pa) şi înapoia acestui plan (Pd). Acestea nu vor avea imaginile în planul (PI) ci mai departe (P'a) sau mai apropiate (P'd). Rezultă că în planul (PI) ele nu vor avea o imagine punctuală, ci vor apărea pete circulare. În figura 1.7 se observă că în planul imagine (PI) punctul (Pa) va apărea ca o pată cu diametrul (aa), iar punctul (Pd) ca o pată cu diametrul (dd).

Punctele situate în alte planuri vor apărea neclare. Totuşi se obțin imagini în care subiectele sunt redate cu destulă claritate, aceasta datorită imperfecțiunii organului de vedere care este ochiul.

c. Neclaritatea admisibilă. Punctele obiectivului, situate în afara planului de punere la punct, sunt reprezentate în planul imagine prin pete circulare de diferite mărimi. Atât timp cât aceste pete sunt mai mici decât limita puterii de separație a ochiului, ele vor fi văzute ca puncte, iar imaginea subiectului la care corespund va apărea privirii perfect clară.

Punctele subiectului ale căror imagini nu întrunesc această condiție vor apărea neclare (punctele ca pete, liniile ca benzi), cu atât mai mult cu cât mărimea diametrului punctelor va fi mai mare. Se pune problema stabilirii neclarității admisibile, adică a toleranței ce poate fi admisă astfel încât, privind fotografia, imaginea să ne apară clară. Neclaritatea admisibilă se exprimă prin diametrul cercului de difuziune rezultat din secțiunea fascicolului de raze care constituie imaginea punctelor prin planul de convergență al acestui fascicol.

1.4.2.4. Profunzimea şi determinarea ei

Adâncimea câmpului redat clar este numită profunzime. Ea are două zone: profunzimea anterioară (de la planul de punere la punct spre aparat) şi profunzimea posterioară (de la planul de punere la punct către depărtare).

Mărimea profunzimii depinde de: calitatea optică a obiectivului fotografic, neclaritatea admisibilă, distanța de punere la punct (cu cât aparatul fotografic este pus la punct pe o distanță mai mare cu atât şi profunzimea este mai mare), distanța focală a obiectivului (cu cât distanța focală folosită este mai mică, cu atât profunzimea este mai mare), diafragma (cu cât diafragma este mai închisă, cu atât profunzimea este mai

mare). Influența factorilor arătați trebuie să fie reținută şi folosită permanent de scafandrul fotograf.

Când aparatul fotografic este pus la punct pe infinit, adică obiectivul ocupă poziția cea mai apropiată față de emulsia sensibilă, profunzimea posterioară se pierde, deoarece nu pot exista spații-obiect dincolo de infinit. Dacă se deplasează planul de punere la punct către aparatul fotografic începe să se folosească şi profunzimea posterioară. Când distanța de punere la punct este oarecare, iar diafragma are de asemenea un indice oarecare, profunzimea se întinde pe o anumită adâncime a cărei limite se pot calcula.

1.4.2.5. Expunerea

Expunerea reprezintă cantitatea de lumină necesară şi suficientă, care trebuie să ajungă pe emulsia fotosensibilă pentru a forma o imagine latentă care, după developare, să apară vizibilă în mod corespunzător subiectului şi dorinței fotografului.

Expunerea depinde de foarte mulți factori şi de aceea ea reprezintă dificultatea principală a situațiilor de fotografiere.

Expunerea se caracterizează prin două elemente: timpul de expunere sau durata expunerii şi diafragma sau deschiderea utilă a obiectivului. Prin variația convenabilă a acestor două elemente se poate realiza cu uşurință orice tip de expunere. Atât valorile timpilor de expunere cât şi cei ai diafragmei fac ca expunerea, prin trecerea succesivă de la o mărime la alta (fie a timpilor de expunere, fie a indicilor diafragmei) să scadă sau să crească în acelaşi raport astfel ca, pentru o expunere stabilă, micşorarea închiderii diafragmei cu o treaptă să implice dublarea timpului de expunere şi invers. Datorită notării ingenioase a diafragmei şi a timpilor de expunere cu valori indicatoare, s-a ajuns ca expunerea să se caracterizeze printr-o singură cifră, numită indice de expunere care provine din simpla însumare algebrică a două valori indicatoare.

1.4.2.6. Efectele filtrului acvatic asupra luminii

Deoarece în apa mărilor şi oceanelor, în condiții de lumină naturală, apar cele mai numeroase probleme, variațiile suferite de lumină influențează substanțial expunerea. Spre deosebire de fotografia la suprafață unde aerul cu proprietăților sale optice, apropiate de cele ale vidului, influențează de obicei în mod neglijabil lumina, filtrul acvatic face ca aceasta, parcurgând traseul sursă-subiect-obiectiv, să sufere fenomene de reflexie, difuzie, absorbție şi refracție.

Reflexia se situează la nivele neglijabile, sub 5% în cazul în care unghiul pe care poziția Soarelui îl formează cu verticala locului nu depăşeşte 40^0 (pentru Marea Neagră în zona litoralului românesc), condiția respectându-se vara între orele 9 şi 15 şi iarna între orele 10 şi 14.

Când cerul este acoperit şi plafonul de nori emite lumină difuză, reflexia este constantă şi se situează la niveluri încă acceptabile de circa 8%. În schimb, valurile cu mare amplitudine pot duce la pierderi prin reflexie ce ajung până la 50 % din lumina incidentă. Interesant este fenomenul de reflexie cu amplificarea luminii disponibile, dar de această dată la nivelul celeilalte fațete a filtrului acvatic, cea de la fundul mării. Într-adevăr, când acesta este acoperit cu nisip, pietriş sau este format din roci de culoare deschisă şi se află la o adâncime care nu depăşeşte 10...15 m, lumina naturală,

ajungând până la acest nivel, se reflectă mărind cantitatea de lumină disponibilă sub apă. Mai mult, este posibil ca lumina venită din jos să sufere o nouă reflexie favorabilă captării imaginii la nivelul suprafeței de separarare apă-aer prin aşa numitul efect de "oglindă interioară". De asemenea, la variațiile pe care lumina le suferă la nivelul suprafețelor superioare şi inferioare ale apei, se adaugă altele mai puternice datorate difuziei şi absorbției, fenomene optice cauzate atât de proprietățile moleculelor de apă cât şi de impuritățile pe care aceasta le conține aproape întotdeauna în suspensie.

În legătură cu acestea din urmă, a fost definită noțiunea de turbiditate care, în sens fizic, reprezintă proprietatea apei cu impurități de a imprăştia lumina datorită particulelor străine.

Lumina devine mai difuză şi se produce un anumit voal care limitează vizibilitatea. Fenomenul de difuzie micşorează claritatea şi contrastul şi produce o denaturare a culorilor. Din acest motiv, prima lege a fotografiatului subacvatic este "luarea de imagini trebuie efectuată cât mai de aproape".

La adâncime mică însă, în funcție de turbiditatea apei şi de factorul de reflexie al solului marin, lumina solară este de obicei suficientă pentru a realiza fotografii cu parametrii obişnuiți de expunere mai ales în fotografia alb-negru. În fotografia color, chiar dacă cantitatea de lumină permite o fotografiere reuşită, culorile sunt mai mult sau mai puțin afectate deoarece apa joacă rolul unui adevărat filtru selectiv care face ca absorbția să aibă un aspect calitativ.

Selectivitatea filtrului acvatic conferă imaginilor subacvatice o dominantă rece albastru-verde. Din acest motiv, fotografiile subacvatice la care nu s-au luat măsuri de ameliorare a absorbției selective a apei, prezintă întotdeauna dominanta în zona culorilor reci.

Culoarea albastră apare în mare deschisă, departe de litoral, pe timp senin, ca şi bazinele de înot şi este a apei lipsită de cantități semnificative de impurități aflate în suspensie.

Dominanta albastră este provocată de absorbția radiațiilor cu lungimi de undă mari şi de difuzia radiațiilor albastre de către moleculele de apă şi de particulele aflate eventual în suspensie şi având dimensiuni mai mici decât lungimile de undă cele mai mici din ansamblul radiațiilor vizibile. Apele de coastă, în zona vărsării apelor continentale, mai ales în zonele de deltă cu aport masiv de aluviuni, capată un aspect verde datorită combinării radiațiilor albastre difuzate cu culoarea galbenă specifică suspensiilor aduse de fluvii. Culoarea verde poate fi provocată şi de prezența în cantități masive a planctonului ca şi a plantelor plutitoare.

Refracția se manifestă în condițiile în care obiectivul aparatului fotografic aflat sub apă nu se află în contact direct cu aceasta ci în aerul din carcasa etanşă în care este adăpostit. Subiectul subacvatic este văzut printr-un hublou, de obicei plan, din sticlă sau material plastic cu proprietăți optice superioare care se află montat în peretele frontal al carcasei. Datorită faptului că apa are un indice de refracție (n = 1,33) diferit de cel al aerului (n = 1), la nivelul hubloului care reprezintă suprafața de separare în sistemul apă-aer, se produce o deviere a razelor de lumină ce provin de la subiect în sensul depărtării lor de la normala la această suprafață.

Refracția luminii la trecerea din apă în aer conduce la o mărire aparentă a subiectului care pare astfel mai apropiat. Altfel spus, subiectul apare ca şi cum ar fi captat cu un obiectiv cu o distanță focală mai lungă decât cea a obiectivului utilizat. Creşterea distanței focale este însoțită inerent de micşorarea profunzimii şi de

necesitatea de a retrage aparatul fotografic în vederea cuprinderii aceluiaşi câmp pe care l-ar fi acoperit obiectivul la suprafață. Refracția este şi ea deci nefavorabilă fotografierii subacvatice deoarece retragerea aparatului măreşte grosimea stratului de apă aflat între subiect şi obiectiv cu toate dezavantajele ce decurg din aceasta.

1.4.2.7. Concluzii privind fotografierea subacvatică

Orice activitate de fotografiere sau filmare subacvatică este determinată de condițiile hidro-meteo ale locului, caracteristicile materialului folosit şi ale tehnicii avute la dispoziție şi de posibilitățile şi deprinderile practice ale scafandrului.

Principalii factori care influențează asupra calității fotografiei subacvatice sunt dominați de trei fenomene particulare ale mediului acvatic şi anume refracția, difuzia şi absorbția, fenomene care sunt generatoare ale deformațiilor şi distorsiunilor imaginilor fotografice, aberațiilor cromatice şi de tonalități ale fotografiei. În principal, modificările produse de factorii susmenționați sunt: un câmp vizual redus cu 1/3, o distanță aparentă de 3/4 față de distanța reală, o claritate necorespunzătoare, o diminuare a profunzimii de câmp, o absorbție rapidă a luminii şi efecte speciale datorate suspensiilor existente în apă.

Principalele metode de contracarare a acestor neajunsuri, cele mai multe depinzând de măiestria scafandrului fotograf, sunt: alegerea unei distanțe minime față de subiect, utilizarea de obiective cu distanță focală scurtă, reglarea luminii după distanța aparentă față de obiectiv, alegerea unei surse de lumină corespunzătoare şi utilizarea reglajului artificial pentru restabilirea culorii.

Orientativ, se prezintă tabelul de expunere pentru lumină naturală (tab. 1.3) şi pentru blitz cu magneziu (tab. 1.4).

Tabelul 1.3

Tabel de expunere pentru lumina naturală

Film 18 – 19 DIN ... 50-60 ASA, Viteza 1/125					
adâncime	1 m	5 m	10 m	20 m	30 m
diafragmă	f: 8	f: 5,6	f: 4	f: 2,8	f: 2

În continuare se prezintă condițiile în care s-au efectuat fotografii subacvatice la sud de digul Agigea: anotimp: vara, ora: 10-12, starea mării: 0-1, dispersii în mare: moderate, sensibilitate film: 100 ASA, alb-negru, viteza de expunere de 1/125 sec., diafragma indicată de exponometru la suprafață: 16.

Tabelul 1.4

Tabel de expunere pentru blitz cu magneziu

Film 19 DIN .... 64 ASA ; Viteza 1/30 Blitzul cu înclinări de 30^0, 40^0 față de subiect Un bec (PF, 1-AG, 1-PF, 1B-AG, 3B etc.)		
distanța aparentă	distanța reală	diafragma
0,60 m	0,80 m	f: 11-16
0,80 m	1,00 m	11
1,00 m	1,40 m	8
1,50 m	2,00 m	5,6
2,00 m	2,53 m	4

S-au executat fotografii fără flash. În acest caz, funcție de adâncime, s-au folosit următoarele diafragme: de la 1 la 4 m – diafragma 5,6; de la 4 la 8 m – diafragma 4; la 8 m – diafragma 2,5. S-au efectuat fotografii cu flash. În acest caz, funcție de adâncime, s-au folosit următoarele diafragme: la 3 m- diafragma 2,5; la 2,5 m – diafragma 4; la 2 m – diafragma 5,6; la 1,5 m – diafragma 8.

1.4.3. FILMAREA SUBACVATICĂ

Filmarea subacvatică reprezintă o tehnică de înregistrare pe peliculă cinematografică a diferitelor instalații şi structuri imerse şi a elementelor de structuri şi instalații imerse în vederea efectuării ulterioare a unei examinări vizuale a stării acestora pentru identificarea unor eventuale defecte apărute în timpul exploatării.

Aparatele de filmat utilizate sub apă pot fi camere obişnuite, carcasate, având funcțiile de control la exteriorul carcasei, sau pot fi camere de filmat etanşe, special concepute pentru efectuarea de filmări subacvatice, care sunt astfel realizate încât să aibă o flotabilitate nulă. Aceste aparate de filmat sub apă sunt echipate cu obiective cu calități deosebite de luminozitate, câmp şi posibilități de reglaj.

Filmarea subacvatică cu scop industrial şi militar presupune o dotare cu echipamente şi materiale de filmat speciale constând din aparate de filmat specializate, accesorii într-o gamă largă, materiale fotosensibile adecvate şi aparate de developare specifice, precum şi din instalații de iluminat corespunzătoare. De asemenea, filmarea subacvatică industrială şi militară, având o complexitate ridicată, impune folosirea unor scafandri bine instruiți şi cu o bogată experiență profesională în domeniu.

Se recomandă ca distanța dintre aparatul de filmat sub apă şi obiectul expus filmării să fie cât mai mică posibil. Acest lucru se poate realiza prin utilizarea unor obiective obişnuite, cu distanțe focale scurte sau a unor obiective special concepute şi construite pentru filmarea subacvatică.

Pentru scăderea efectului difuziei se recomandă ca unghiul dintre axa optică a obiectivului şi axa fasciculului de lumină să fie mai mare de $25...30^0$. Prin urmare, sursa de iluminare artificială nu va fi plasată în apropierea obiectivului. Pentru aceasta, se vor utiliza instalații de iluminare cu proiectoare prevăzute cu brațe reglabile astfel încât să existe posibilitatea ca proiectoarele să poată fi apropiate sau depărtate față de obiectiv în mod optim. Pentru creşterea vizibilității şi pentru mărirea contrastului, se pot utiliza filtre de polarizare. Stabilitatea imaginii poate fi

îmbunătățită prin filmarea cu o frecvență ceva mai mare decât cea normală, adică cu o frecvență de 28...30 imagini pe secundă atât la film de 16 mm cât şi la film de 35 mm.

Se recomandă ca, în timpul filmărilor subacvatice, scafandrul-operator să fie însoțit de un alt scafandru cu experiență care joacă rolul de scafandru de siguranță şi care asigură securitatea sub apă a primului scafandru.

Atunci când se foloseşte un aparat de filmat obişnuit introdus într-o carcasă etanşă, se impune o verificare a etanşeității echipamentului prin imersarea acesteia la adâncimea de 9 m, după care aceasta va fi urcată la suprafața apei unde va fi verificată dacă există infiltrări ale apei în interior.

În timpul efectuării filmărilor subacvatice, aparatul de filmat sub apă trebuie să fie ținut cu fermitate şi mişcat cu viteză relativ redusă şi uniformă.

În cazul filmărilor cu scop de expertiză se recomandă ca fiecare secvență să fie filmată de la diferite distanțe şi sub diferite unghiuri în raport cu obiectivul urmărit, precum şi la diferite expuneri, pentru a nu se pierde detalii importante în cadrul examinării vizuale ulterioare a imaginilor de pe peliculă. Pentru o bună întreținere a aparatului de filmat sub apă, acesta se va spăla cu apă dulce curată.

1.4.4. UTILIZAREA TELEVIZIUNII SUBACVATICE

Televiziunea subacvatică a devenit în ultimul timp o metodă importantă de lucru în cadrul activităților subacvatice legate de examinarea vizuală a multor lucrări subacvatice, în special a celor offshore din industria petrolului şi gazului submarin.

În prezent, camerele de televiziune subacvatică sunt utilizate în mod extensiv de către scafandri în lucrări subacvatice cum ar fi: inspectarea platformelor pentru stabilirea gradului de deterioare, inspectarea conductelor submarine, ranfluarea de nave, poziționarea diferitelor structuri submerse, efectuarea de lucrări de pozare sau îngropare a conductelor etc. În paralel cu luarea de imagini subacvatice cu ajutorul aparatelor de fotografiat şi filmat se foloseşte din ce în ce mai mult tehnica TV cu înregistrare video la suprafață, în sisteme alb-negru sau în sisteme color.

a. Sisteme alb-negru. Sistemele alb-negru folosesc, în general, teleobiective care se focalizează cu ajutorul unui bloc de comandă de la suprafață, scafandrul neavând, în general, posibilitatea să vadă ce imagine transmite. Scafandrul are doar sarcina să amplaseze şi să mențină, într-o anumită poziție, camera. Claritatea şi contrastul sunt reglate de operatorul de la monitorul de la suprafață.

Sistemele lucrează, în general, cu tensiuni scăzute, de 9...18 V, iar imaginile transmise au o rezoluție de 525 linii (SUA)...625 linii (Europa). Unele sisteme au încorporate şi un canal pentru comunicarea cu scafandrul operator. Camerele folosesc sisteme de iluminat care sunt necesare în locuri cu vizibilitate scăzută. În general, aceste camere folosesc tuburi VIDICON sau SIT. În tabelul 1.5 sunt prevăzute principalele caracteristici ale unor camere TV.

Tabelul 1.5

Principalele sisteme TV cu circuit închis, alb-negru

Fabricant	Model	Tip tub	Rezoluție	Obiectiv standard	Parametrii de claritate	Adânc. Max.	Recomandată pentru:
HIDROPRODUCS	TC-124 SIT	cu iluminare intensificată	550 linii	12,5 mm f: 1,4 automat	300 mm la ∞	610 m	condiții de iluminare foarte scăzută
IBAK	UF9	VIDICON sau PASECON	adevărat 600 linii	6,5 mm f: 1,8 (4,0 mm f: 1,4)	fix focus 250 mm la ∞	500 m	situații de scufundări ușoare
KINERGETICS	Obs. V	VIDICON	550 linii	12,5 mm f: 1,4 automat	10 mm la ∞	900 m	sistem integrat care include console de înregistrare la suprafață
OSPREY ELECTRONICS	OE 1321 A	cu iluminare intensificată	500 linii	6,5 mm f: 1,8 fix	150 mm la ∞	750 m	condiții de iluminare foarte scăzută
SUBSEA SYSTEM	CM-8	1. VIDICON 2. ULTRICON 3. NEWVICON 4. SDA	550 linii	4,3 sau 8 mm f: 1,7 automat	150 mm la ∞	760 m + 50%	1. condiții de vizibilitate bună 2. operații la lumină slabă

b. Sisteme color. În prezent, se utilizează trei sisteme de camere TV color subacvatice: cu un singur tub, cu trei tuburi şi C.C.D. (CHARGE COUPLED DEVICE). În principiu, aceste sisteme lucrează la fel cu sistemele alb-negru numai că imaginile sunt color. Diferența dintre cele trei tipuri de sisteme color constă în naturaleţea cu care acestea transmit culorile. În tabelul 1.6 se prezintă principalele caracteristici ale unor camere TV color.

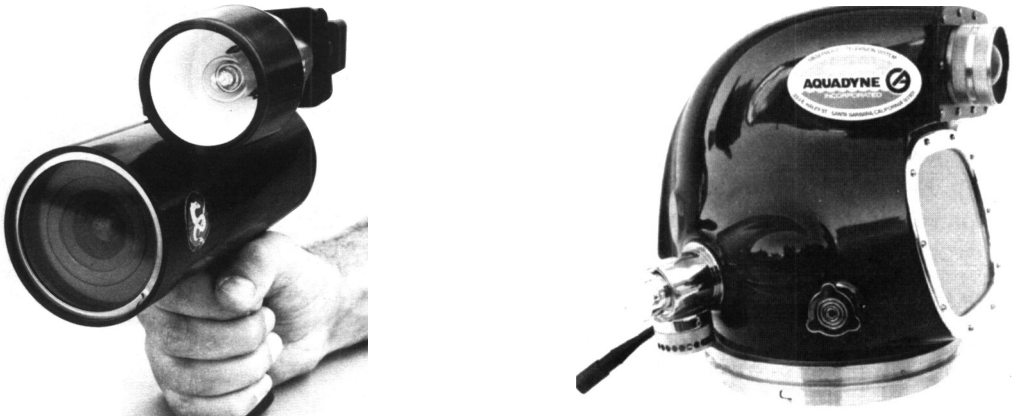
Camerele de televiziune subacvatică trebuie să corespundă cerinţelor nu numai din punct de vedere al calităților optice, dar şi din punct de vedere constructiv cum ar fi: greutate, gabarit, formă, adâncime maximă de utilizare, capacitate funcţională, cost, portabilitate, suport tehnic necesar de la suprafață, aspecte operaționale, manevrabilitate, capabilitate de a pătrunde în locuri înguste, iluminare, sisteme de siguranță, posibilități de conectare. În prezent, camerele TV subacvatice sunt utilizate în mod frecvent în cadrul activităților de scufundare industriale şi militare. Sistemul cu cameră de televiziune permite efectuarea de inspecții prelungite a locurilor care prezintă defecte, pentru completa elucidare a personalului tehnic de specialitate asupra acestora. Aceste camere TV pot fi manevrate de către scafandru, pot fi amplasate pe un submersibil, sau pot fi instalate permanent pe fundul mării sau pe o structură imersă fixă, în acest caz fiind telecomandate.

Tabelul 1.6

Principalele sisteme TV cu circuit închis, color

Fabricant	Model	Tip tub	Rezoluție	Obiectiv standard	Parametrii de claritate	Adânc. Max.	Alte caracteristici
HIDROPRODUCS	HYDRO-COLOUR	singur VIDICON	260 linii	11,5 mm la 70 mm f: 1,8	25 mm la ∞	610 m	expunere şi culoare controlate automat
IBAK	UFK-22	singur VIDICON	250 linii	6,5 mm f: 1,8 fix	600 mm la ∞ 300 mm la ∞	500 m	corpul din aluminiu galvanizat
KINERGETICS	Observer I	singur VIDICON	260 linii	12,5 mm f: 1,5 automat	100 mm la ∞	120 m	corpul din aluminiu galvanizat
OSPREY ELECTRONICS	OE 1340 A	3 tuburi SATICON	400 linii	12,5 mm f: 1,4 automat	50 mm la ∞	750 m	expunere şi culoare controlate automat
SUBSEA SYSTEM	CM-40	singur VIDICON	260 linii	12,5 mm f: 1,5 automat	50 mm la ∞	760 m + 50%	expunere şi culoare controlate automat

Camerele de televiziune subacvatică pot fi purtate de către scafandri, fie prin intermediul mânerului, fie pot fi fixate pe casca rigidă (fig. 1.8).



a *b*

Fig. 1.8. Camere de televiziune subacvatică:
a - cu mâner; *b* - montată pe casca scafandrului.

Majoritatea camerelor de televiziune utilizate sub apă sunt complet autonome din punct de vedere electronic, necesitând tensiune redusă de curent continuu. Aceasta conduce la eliminarea multor cabluri electrice sporind siguranța în exploatare. Camerele de televiziune subacvatică prezintă posibilitatea de a fi utilizate într-o gamă largă de condiții de iluminare. Mare parte a energiei electrice necesară unui sistem de cameră subacvatică este consumată pentru iluminare. În funcție de aplicație, se utilizează lămpi cu iodură de sodiu, vapori de mercur sau lămpi cu incandescență. O atenție deosebită trebuie acordată etanşeității conectorilor subacvatici cu garnituri tip O-ring, care întotdeauna trebuie să fie verificate sau înlocuite.

Echipamentul utilizat la suprafața apei este compus din monitor, înregistrator video, sursă electrică pentru iluminare etc. (fig. 1.9).

Fig. 1.9. Monitor şi înregistrator video pentru cameră video subacvatică.

În prezent, s-au realizat şi camere de televiziune subacvatică cu ultrasunete, care nu necesită cablul electric video conectat la monitor.

În ceea ce priveşte manevrarea camerei de televiziune subacvatică, aceasta trebuie montată în aşa fel încât să fie întotdeauna ţinută în poziţie verticală, pentru a elimina orice confuzie din partea personalului tehnic de la suprafaţă asupra poziţiei orizontale sau verticale a obiectelor.

Camera de televiziune subacvatică nu este capabilă să transmită mişcările rapide. De aceea, mişcarea panoramică trebuie efectuată lent, acordând atenţie focusului care se poate schimba permanent.

Atât personalul tehnic de la suprafaţă cât şi scafandrul trebuie să-şi coordoneze activitatea, datorită problemelor care apar cum ar fi: mişcarea ambarcaţiunii, încurcarea ombilicalului scafandrului sau al camerei, problemele echipamentului de scufundare, frigul, oboseala, fauna şi flora marină etc.

Între suprafaţă şi scafandru trebuie menţinute în mod continuu comunicaţiile radio, utilizându-se un limbaj caracteristic cum ar fi: “Panoramă la stânga”, “Mai mult la stânga”, “Stop”, “Mai mult nemişcat”, “Opreşte chiar acolo”, “Schimbă focusul”, “Mai mult”, “Mai aproape” etc. Asistenţa tehnică poate cere scafandrului prim-planuri ale diferitelor obiecte sau diferite unghiuri ale acestora.

1.4.5. EXAMINAREA SUBACVATICĂ CU ULTRASUNETE

Complementar controlului nedistructiv prin examinare cu ultrasunete, şi înaintea acestuia, se efectuează măsurarea potenţialului de protecţie catodică a structurii. Valoarea acestui potenţial, ca şi abaterea sa faţă de potenţialul standard, este o mărime a reactivităţii metalului faţă de mediul dat şi a vitezei de reacţie la suprafaţa metalului. Comparând valoarea potenţialului metalului măsurat, cu valorile date de curba de polarizare curent-potenţial, se poate stabili dacă acesta se află în zona de dizolvare (coroziune) sau de protecţie. Deoarece un sistem metal-electrolit constituie un singur electrod al unei pile electrice şi nu este posibilă determinarea potenţialului absolut al

unui electrod prin nici o metodă, este necesară introducerea în sistem al unui al doilea electrod pentru realizarea unei pile electrice, între cei doi electrozi determinându-se potențialul electrochimic cu ajutorul unui voltmetru cu impedanță mare de intrare. Pentru a nu complica interpretarea rezultatelor, acest al doilea electrod trebuie să aibă un potențial stabil şi puțin influențabil de condițiile de lucru, reprezentând electrodul de referință față de care se măsoară variația electrodului de lucru (structura metalică). S-a folosit ca electrod de referință cel de tipul $Cu/CuSO_4$. Scafandrul deplasează acest electrod în anumite puncte ale structurii, valorile fiind citite la suprafață. În figura 1.10 este reprezentat grafic rezultatul unor astfel de măsurători împreună cu domeniile de potențial corespunzătoare zonei în care se află structura din punct de vedere al potențialului său de protecție catodică.

Aparatura folosită se compune, în principal, din două părți: echipamentul de suprafață şi echipamentul subacvatic.

Echipamentul de suprafață cuprinde un defectoscop ultrasonic dotat cu unele facilități dintre care cea mai importantă este aceea că la acesta poate fi conectat un repetitor subacvatic, un interfon, o instalație de televiziune cu circuit închis şi eventual un videorecorder.

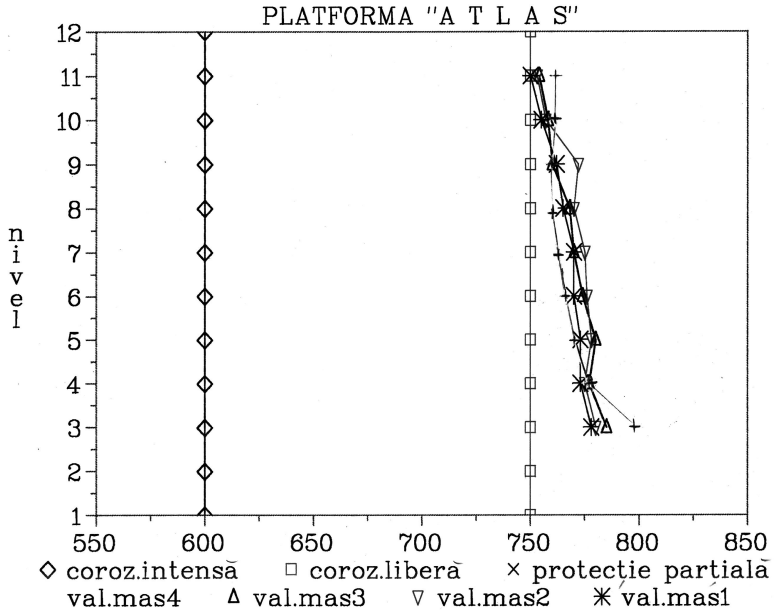


Fig. 1.10. Reprezentarea grafică a potențialului de protecție catodică a unei structuri imerse.

Echipamentul subacvatic cuprinde un repetitor subacvatic prin care scafandrului i se transmite imaginea afişată pe ecranul defectoscopului de la suprafață şi la care se conectează prin cablu palpatoarele în construcție subacvatică, un interfon, proiectoare şi o cameră de televiziune.

În ceea ce priveşte metodele de lucru folosite în măsurarea ultrasonică subacvatică, acestea sunt: metoda ecourilor multiple, metoda emisiei-recepției şi metoda de afişare digitală a grosimii.

1.4.5.1. Metoda ecourilor multiple

Folosită în general pentru laminate ale căror fețe sunt paralele, metoda ecourilor multiple are o aplicabilitate limitată datorită impreciziei acesteia în cazul suprafețelor rugoase.

Metoda are la bază reflexiile multiple ce au loc între suprafețele piesei. Determinarea grosimii se face prin evaluarea poziției celui de-al *n*-lea ecou (fig. 1.11). Grosimea este dată de relația: $t = E_n / n$, unde E_n este ecoul *n*.

Cu cât valoarea lui *n* este mai mare cu atât precizia determinării grosimii este mai mare. Frecvențele ultrasonice folosite sunt în domeniul 2...10 Mhz (frecvențele ridicate fiind pentru grosmile mai mici). Inițial, se etalonează aparatul cu ajutorul unui bloc de calibrare tip AI, pe zonele cu grosimi de 100 mm şi 25 mm (ecourile punctate), în funcție de grosimea de determinat (s-a folosit 100 mm cap de scală).

1.4.5.2. Metoda emisiei-recepției

Metoda emisiei-recepției este recomandată la măsurarea grosimilor mici şi a suprafețelor corodate. Conform figurii 1.12 un palpator dublu cristal emite un fascicol ultrasonic care reflectă de cealaltă suprafață a piesei fiind recepționat şi transformat în indicație a tubului catodic. Etalonarea în acest caz se face pe două blocuri de calibrare având grosimile astfel alese încât să se încadreze în gama grosimilor ce trebuie măsurate.

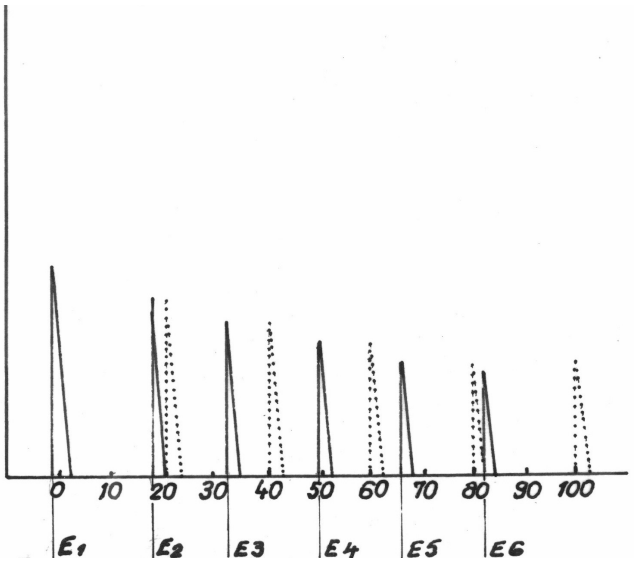


Fig. 1.11. Metoda ecourilor multiple.

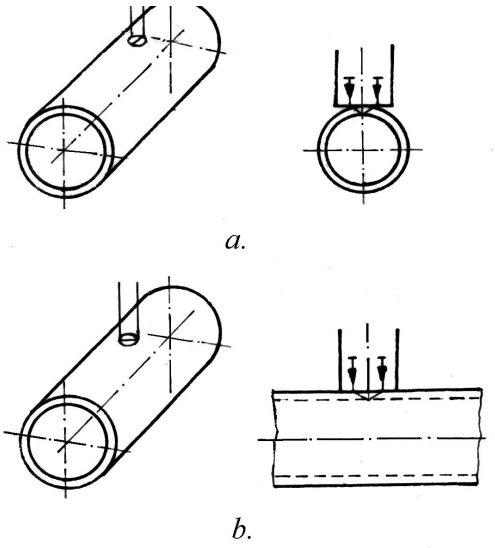


Fig. 1.12. Metoda emisiei-recepției:
a – palpator cu planul de separație a cristalelor paralel cu axa longitudinală;
b – palpator rotit cu 90^0.

1.4.5.3. Metoda cu afişare digitală a grosimii

Metoda cu afişare digitală a grosimii este derivată din metoda anterioară, deosebirea constând în faptul că se foloseşte un aparat de construcție specială. Acesta, dotat cu un palpator dublu cristal, permite citirea locală (la scafandru) a grosimilor direct în milimetri şi zecimi de milimetru.

1.4.5.4. Controlul defectoscopic

Controlul defectoscopic are ca scop descoperirea unor eventuale fisuri atât în elementele componente ale structurii cât şi în zonele de sudură ale acestora. Interesează atât poziția lor cât şi dimensiunile acestora. Controlul se efectuează, de obicei, prin contact direct, cu ajutorul unor palpatoare, pentru unde transversale înclinate sub unghiuri alese în funcție de grosimea materialului şi cu frecvențe ultrasonice cuprinse între 2 şi 10 MHz. Există şi tehnici speciale de examinare cu fascicol de unde longitudinale care nu necesită contactul direct palpator-element de controlat şi deci nu mai este necesară o curățire pretențioasă a zonei examinate.

Structurile imerse, formate din elemente tubulare îmbinate prin sudură, au de regulă forme complicate. De aceea şi cordoanele respective de sudură sunt curbe în spațiu, pentru controlul lor palpatoarele trebuind deplasate pe suprafețele cilindrice corespunzătoare suprafețelor exterioare ale elementelor tubulare.

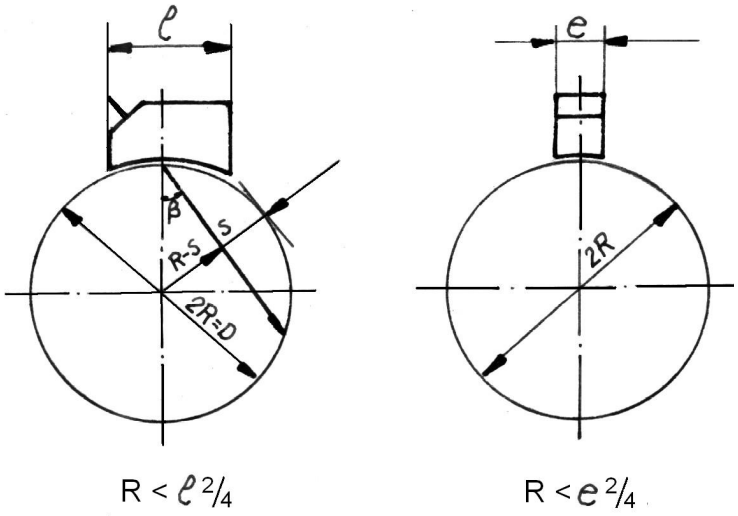


Fig. 1.13. Condiția pe care trebuie să o îndeplinească talpa palpatorului.

Conform figurii 1.13 talpa palpatorului trebuie să îndeplinească o condiție geometrică într-o astfel de situație. Orientarea fascicolului se va face, pe cât posibil, în direcție longitudinală față de axa elementului. Examinarea, în toate cazurile va fi precedată de o simulare a direcțiilor fețelor şi zonelor baleiate de fascicolul ultrasonic. Aceasta se va face pe desene la scara 1:1 ale îmbinărilor sudate pe care se materializează traiectul fascicolului ultrasonic. El se trasează reflectat la diferitele unghiuri ale palpatoarelor pe folii transparente. Pentru secțiuni complicate se va recurge la sisteme de grafică computerizată (CAD). Astfel, se vor identifica cele mai bune soluții de palpare care să nu lase nici o zonă neexplorată. Evaluarea dimensiunii fisurilor se face, în general, prin aceleaşi mijloace ca la o examinare terestră: metoda defectului echivalent, metoda diferenței de amplificare 6 dB şi 12 dB cu restricțiile impuse de faptul că examinarea nu se poate face de regulă decât pe o singură față. Cele mai bune rezultate se obțin prin construirea de blocuri de calibrare din acelaşi material şi cu aceeaşi geometrie, având defecte artificiale în diferite poziții.

Pentru controlul defectoscopic subacvatic se utilizează o serie de metode speciale de evaluare a fisurilor. Astfel, pentru fisuri transversale se folosesc metoda

difracţiei pe muchie ascuţită şi metoda undei scurse, pentru fisuri longitudinale se foloseşte metoda fascicolului în zig-zag, iar pentru fisuri de clivaj se foloseşte metoda reflexiilor parţiale repetate.

Metoda difracţiei pe muchii se bazează pe efectul fizic produs de fascicolul ultrasonic la incidența cu o suprafață de separație între două medii cu impedanțe acustice diferite. În acest caz, pe suprafața de separație în afara fenomenelor de reflexie şi refracție mai apar şi unde de suprafață, iar pe muchiile suprafeței se formează unde de difracție.

Metoda undei scurse este o tehnică care, spre deosebire de precedenta, este utilă în identificarea discontinuităților situate imediat sub suprafața de pe care se face examinarea. Destul de dificil se poate folosi, de asemenea, pentru verificarea zonei de sub suprafața opusă.

Metoda fascicolului în zig-zag este folosită la examinarea țevilor în care se suspectează existența de fisuri longitudinale. Ea se execută cu palpatoare fie de unde longitudinale, fie de unde transversale.

Un avantaj deosebit al metodei de examinare îl constituie faptul că aceasta se face fără contact direct palpator-piesă de examinat, eliminându-se necesitatea unei curățiri pretențioase a suprafeței.

Metoda reflexiilor parţiale repetate este tot o metodă neconvențională de examinare subacvatică, fără contact direct palpator-piesă, ce se utilizează îndeosebi la identificarea discontinuităților paralele cu suprafața piesei.

Într-o astfel de examinare, palpatorul trebuie orientat perfect perpendicular pe suprafața țevii, astfel nerecepționându-se ecourile reflectate. Orientarea se realizează, şi în acest caz, cu ajutorul unui dispozitiv adecvat. Examinarea prin această metodă prezintă o oscilogramă complet diferită de cea prin contact direct. Interfețele apă-piesă, respectiv piesă-apă, creează o multiplicare a ecourilor obținându-se astfel o serie de ecouri de interfață egal distanțate, care reprezintă parcursul ultrasonic în apă şi respectiv o serie de ecouri corespunzătoare parcursului în piesă, urmând fiecăruia dintre ecourile de interfață.

Această metodă poate fi utilizată şi în măsurarea grosimilor structurilor subacvatice, fiind un caz particular al metodei ecourilor multiple, având avantajul eliminării unei curățiri anevoioase a zonelor de examinare.

Observații generale privind metodele de examinare subacvatică:

- toate metodele prezentate pot fi folosite şi într-o examinare ultrasonică terestră, prin imersiune dacă piesa de examinat este scufundată în întregime în apă sau numai în zona de controlat este creat un strat de apă;
- examinarea propriu-zisă trebuie precedată de un stagiu de antrenament în condiții reale;
- evaluarea defectelor se va face doar prin comparație cu blocuri de etalonare prevăzute cu defecte artificiale, blocuri din acelaşi material şi având aceeaşi geometrie cu cea a piesei de examinat. În figura 1.14 sunt prezentate câteva defecte artificiale standardizate internațional.

1.4.5.5. Interpretarea rezultatelor pe calculator

După efectuarea măsurătorilor de grosimi ale elementelor structurii, acestea sunt, în prima etapă, comparate cu grosimile inițiale (dacă există informații în legătură cu acestea) sau cu grosimile din desene.

Apoi, se procedează la analizarea elementelor structurii (cu grosimile actuale ale elmentelor), din punct de vedere al eforturilor unitare şi deformaţiilor incluse în condiţile de solicitare cele mai defavorabile: încărcare statică maximă, parametrii de val = valul centenar, parametrii de vânt maxim, cutremur.

În figura 1.15 este prezentat un model de structură supusă unei astfel de analize. După modelarea matematică, structura în elementele căreia au fost determinate eforturile unitare este supusă unui al doilea tip de procesare care urmăreşte: analiza rezistenţei la rupere, studierea apariţiei şi dezvoltării fisurilor datorate oboselii, stabilirea frecvenţei, volumului şi metodelor de control ulterioare pe baza probabilităţii de detectare.

În acest scop a fost folosită o staţie grafică compatibilă IBM-PC, AT-386. Procesarea datelor s-a făcut prin rularea unor programe cu înalt grad de precizie. Deoarece pe plan mondial, în cazul structurilor offshore, se aplică aceleaşi rigori ca la centralele atomo-electrice, s-a optat pentru două pachete de programe având avizul Comisiei pentru Energie Atomică a S.U.A. şi anume: ALGOR pentru calculul solicitărilor şi deformaţiilor şi FRACTURESEARCH pentru calculul solicitărilor la oboseală, fisurări şi frecvenţei controalelor.

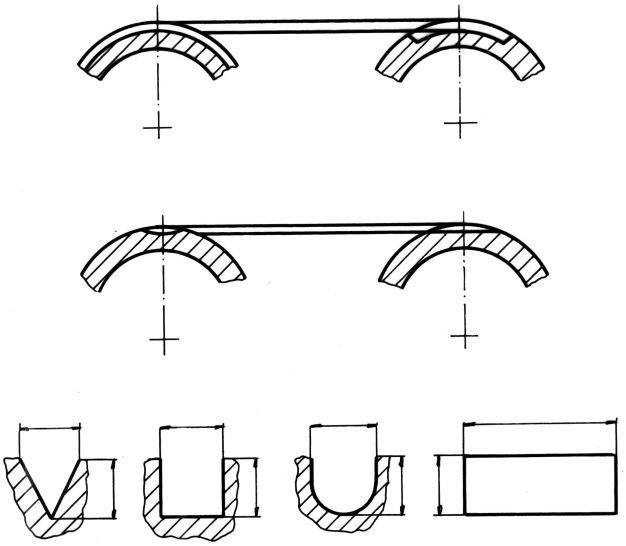


Fig. 1.14. Defecte artificiale standardizate internaţional.

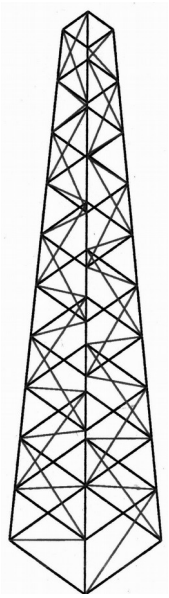


Fig. 1.15. Model de structură.

1.4.6. ALTE METODE UTILIZATE PENTRU CONTROLUL NEDISTRUCTIV AL STRUCTURILOR METALICE OFFSHORE

1.4.6.1. Metode magnetice de examinare

Metodele magnetice utilizate pe uscat pot fi aplicate şi în mediul subacvatic. Proprietăţile fizice pe care metodele se bazează, nu sunt schimbate semnificativ în mediul acvatic, deoarece permeabilitatea, atât a apei cât şi a aerului sunt aproape egale cu unitatea. Proprietăţile fizice care se schimbă semnificativ sunt: presiunea apei,

lumina ambiantă (vizibilitatea) şi vâscozitatea apei (forţele ce acţionează asupra particulelor magnetice).

Dintre metodele magnetice cunoscute pentru examinarea îmbinărilor sudate efectuate sub apă, se utilizează curent metoda cu particule magnetice umede sau uscate şi metoda magnetografică.

a. Metoda de examinare cu particule magnetice. Controlul cu pulberi magnetice este procedeul optim pentru depistarea defectelor de suprafaţă şi din imediata apropiere a suprafeţei pieselor (fisuri, incluziuni etc.). Metoda se bazează pe diferenţa de permeabilitate magnetică dintre materialul de bază al piesei şi zona defectului, diferenţă care, în cazul piesei magnetizate, duce la apariţia unui câmp magnetic ce se manifestă la suprafaţa piesei. Pulberile magnetice aplicate pe piesă sunt atrase în acest câmp formând acumulări ce reprezintă indicaţiile de defect. Deoarece discontinuităţile sunt evidenţiate numai dacă fac cu liniile de câmp un unghi mai mare de 30^0, aceeaşi suprafaţă se examinează pentru două poziţii perpendiculare. Înainte de efectuarea controlului, suprafaţa necesită o curăţare de depuneri marine.

Metoda cu pulberi magnetice a fost folosită cu succes până la adâncimea de 200 m. În figura 1.16 se prezintă un echipament complet de control cu pulberi magnetice.

Fig. 1.16. Aparat subacvatic pentru controlul nedistructiv cu pulberi magnetice.

Magnetizarea jugurilor se realizează cu magneţi permanenţi, electromagneţi sau conductori parcurşi de curent electric. Curentul electric utilizat poate fi atât alternativ cât şi continuu, curentul alternativ fiind cel mai folosit. Jugurile sunt similare celor folosite la suprafaţă fiind modificate pentru a proteja bobina de apă. Aplicarea suspensiei magnetice se face, de regulă, în timpul magnetizării. Întregul echipament necesar este coborât sub apă, către scafandru, la locul examinării, prin intermediul unui paner special. Curentul electric este furnizat prin intermediul unui transformator alimentat printr-un cablu electric de la suprafaţă. În paner se mai află şi rezervorul pentru suspensia magnetică, care trebuie să fie dotat cu un sistem de agitare acţionat manual sau electric. Pentru pulverizare se utilizează aer comprimat la o presiune cu un bar mai mare ca presiunea ambiantă, de la o butelie obişnuită ce se află în paner.

Suspensia de particule magnetice ce se aplică sub apă şi utilizată pentru controlul nedistructiv, este obţinută prin combinarea unor lichide fluorescente cu o pulbere feromagnetică, care poate fi pulbere de fier sau din oxizi feromagnetici.

b. Metoda de examinare magnetografică. Metoda magnetografică de control nedistructiv utilizează o bandă feromagnetică flexibilă care se aşează peste sudura ce trebuie examinată. Prin aplicarea unui scurt puls magnetic de aproximativ 15 ms, prin intermediul unui acumulator ce magnetizează un jug, câmpurile de distorsiuni sunt puse în evidenţă prin imprimarea lor pe bandă. Banda este dusă apoi la suprafaţă de către scafandru şi este examinată cu ajutorul unui traductor magneto-electric, după forma indicaţiilor putându-se aprecia natura defectelor din îmbinarea sudată. Echipamentul utilizat sub apă constă din jugurile pentru diferite geometrii ale îmbinărilor sudate, sursa de curent, banda feromagnetică şi magneţii de fixare ai benzii. La suprafaţă se află traductorii magnetoelectrici.

Metoda magnetografică a fost utilizată cu succes până la adâncimea de 150 m.

Pentru efectuarea examinării sunt necesari doi scafandri iar, în prealabil, suprafaţa sudurii ce urmează a fi examinată trebuie curăţată de depunerile marine.

1.4.6.2. Metoda de examinare cu radiaţii penetrante

Cea mai mare parte a lucrărilor privind controlul radiografic se execută la îmbinări sudate. Solicitările sporite în funcţionare la care sunt supuse îmbinările sudate ale diferitelor componente, fac ca metoda radiografică să se extindă, date fiind avantajele incontestabile pe care le prezintă faţă de celelalte metode, în general datorită lungimii de undă foarte mici şi a energiei mari, având o mare putere de pătrundere prin materiale metalice groase, punând în evidenţă defecţiuni de mici dimensiuni. Se remarcă însă că aplicabilitatea radiografică se rezumă numai la îmbinările sudate cap-la-cap care reprezintă, de altfel, majoritatea sudurilor şi se execută, aproape întotdeauna, în cazurile unde apar solicitări deosebite. De aceea, metoda radiografică de control se aplică, în special, pentru examinarea îmbinărilor sudate cap-la-cap din habitatele pentru sudură hiperbară uscată. Controlul nedistructiv al conductelor prin metoda radiografică se poate executa utilizând trei procedee: control cu raze X (radiografie), control cu raze gamma (gammagrafie) şi control prin fluoroscopie.

a. Examinarea cu raze X (radiografie). Procedeul de examinare cu raze X constă în bombardarea piesei supuse controlului cu radiaţii X, obţinându-se pe filmul radiografic imaginea structurii macroscopice interne a piesei (fig. 1.17).

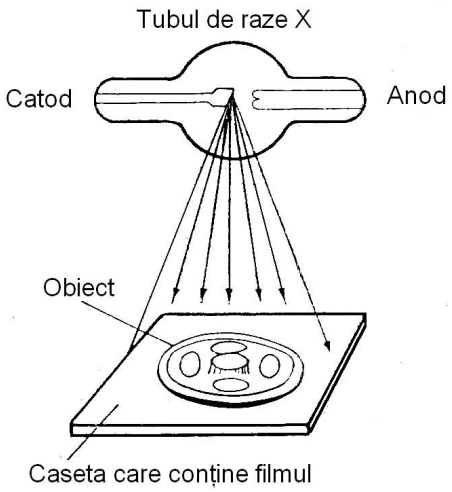


Fig. 1.17. Schema de principiu a metodei radiografice.

Radiațiile X iau naştere în tubul Roentgen (fig. 1.18) care constă dintr-un vas de sticlă (în interiorul căruia presiunea este de 10^{-4} mm Hg), în care se poate iniția procesul de ionizare cumulativă capabil să producă o cantitate suficientă de electroni pentru penetrarea materialului.

În figura 1.19 se prezintă un aparat produs de firma Seifert pentru controlul cu radiații X, montat pe o conductă.

Generatoarele de raze X, în funcție de energia ce o furnizează şi de domeniul lor de utilizare pot fi: generatoare de energii mici (tensiuni < 300 kV) pentru controlul pieselor din oțel de grosime mică (< 70 mm), generatoare de energii medii (tensiuni de 300...400 kV) pentru controlul pieselor din oțel de grosime mijlocie (100...125 mm) şi generatoare de energii mari (tensiuni de peste 1...2 MV şi betatroane de 15...30 MV) pentru controlul pieselor din oțel de grosime mare (200...300 mm).

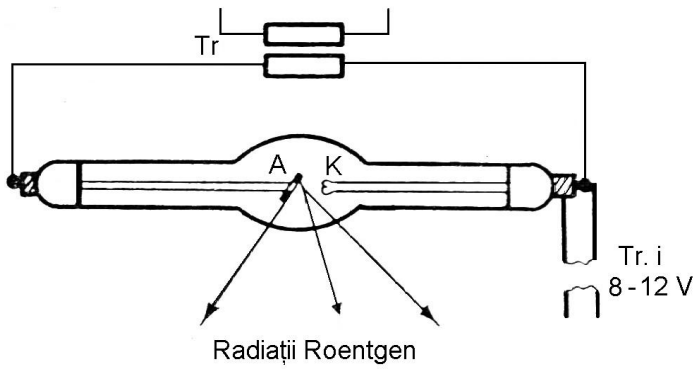


Fig. 1.18. Schema de funcționare a tubului Roentgen: A- anod; K – catod; Tr – transformator principal; Tr,i – transformator de încălzire.

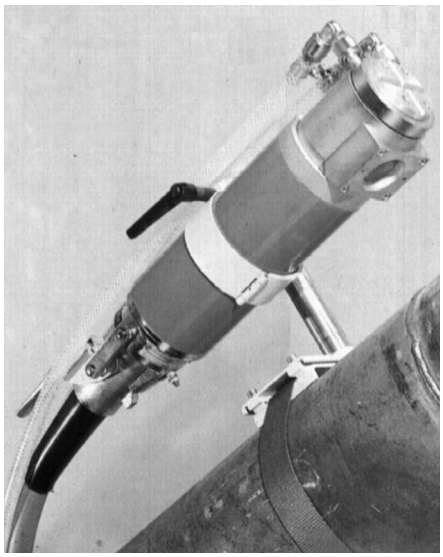


Fig. 1.19. Aparat Seifert pentru control cu radiații X, montat pe o conductă.

b. Examinarea cu raze gamma (gammagrafie). Creşterea permanentă a parametrilor funcționali ai instalațiilor industriale moderne (presiune, temperatură, solicitări mecanice, rezistență la coroziune) au găsit în gammagrafie o metodă de control cu grad ridicat de certitudine, capabilă să dea o imagine fidelă a nivelului calitativ realizat în execuție. Aceasta este metoda radiografică cea mai utilizată pentru controlul îmbinărilor sudate ale conductelor din incintele hiperbare uscate.

Elementul de bază al gammagrafiei este sursa de radiații gamma. Acest tip de radiații s-a impus în controlul materialelor datorită proprietăților sale (energie ridicată, masă de repaus nulă, sarcină electrică nulă), proprietăți care o fac deosebit de penetrantă.

Gammagrafia constă în iradierea piesei supuse controlului cu radiații gamma, după care se obține pe filmul radiografic imaginea structurii macroscopice interne a piesei respective, prin acționarea asupra emulsiei fotogafice (fig. 1.20).

Principala sursă de radiații folosită în gammagrafie o constituie izotopii radioactivi de Cobalt-60, Iridiu-192, Cesiu-137, Cesiu-134, Tuliu-170 şi Seleniu-75,

obținuți prin activare deoarece au un preț de cost mai scăzut şi avantajul obținerii unor activități mari. Aceşti izotopi sunt utilizați astfel: Cobalt-60 pentru oțeluri cu grosime mare (>80 mm), Iridiu-192 pentru oțeluri cu grosime mijlocie (10...80 mm), iar Tuliu-170 pentru oțeluri cu grosime mică (<10 mm). Pentru controlul nedistructiv al îmbinărilor sudate în incintele hiperbare uscate sursa cea mai utilizată este Iridiu-192.

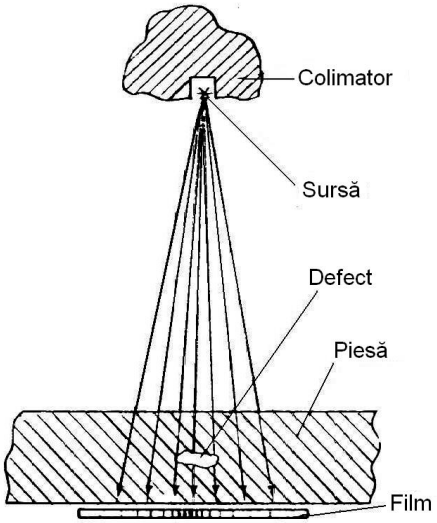


Fig. 1.20. Schema de principiu a metodei gammagrafice.

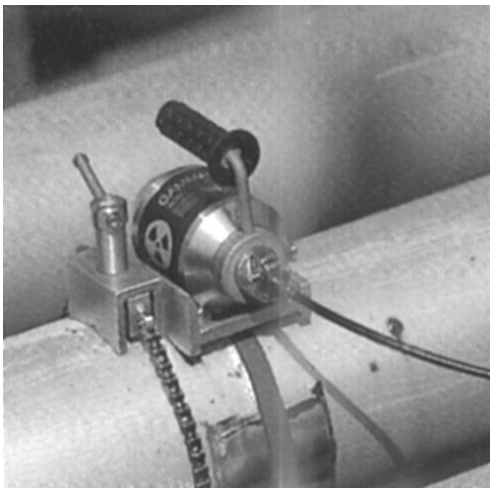


Fig. 1.21. Container special conținând sursa radioactivă.

Controlul nedistructiv cu radiații gamma se execută cu ajutorul unor instalații speciale care prezintă două componente obligatorii: containerul cu sursa radioactivă şi dispozitivul de comandă al sursei. Rolul containerului este acela de a păstra sursa în timpul depozitării şi transportului, asigurând ecranarea radiațiilor emise şi protecția scafandrului-operator. În figura 1.21 se prezintă un astfel de container conținând Ir^{192}. Dispozitivul de comandă al sursei are rolul de a comanda trimiterea sursei la locul de iradiere şi readucerea ei în container.

Sursa se deplasează din container către piesa care urmează să fie radiografiată, printr-un sistem de ghidare constituit din tuburi flexibile, acționat manual de către scafandru. În prezent, se utilizează containere prevăzute cu un colimator care se poziționează direct pe îmbinarea sudată a conductei de controlat, fără a necesita dispozitivul de comandă al sursei. Sursa este manevrată manual de la distanță de către scafandru, prin intermediul sistemului de ghidare şi al tuburilor flexibile.

O dată instalația fixată pe îmbinarea sudată a conductei ce trebuie examinată, scafandrii părăsesc incinta hiperbară, ducându-se în turela închisă. Filmul este expus radiațiilor prin intermediul tuburilor flexibile şi al dispozitivului de manevrare de la distanță acționat de scafandrii din turelă. După încheierea expunerii şi securizarea sursei în interiorul containerului, unul dintre scafandri se deplasează din nou în incinta hiperbară pentru a poziționa containerul şi filmul într-o nouă operație. Pentru examinarea completă a întregii cusături, sunt necesare un minim de şase poziționări pe întreaga circumferință a conductei. La încheierea examinării, filmele sunt aduse la suprafață, spre a fi examinate de personalul tehnic specializat.

1.4.6.3. Metoda de examinare cu lichide penetrante

Examinarea cu lichide penetrante este o metodă de control nedistructiv care prezintă, față de celelalte metode, un avantaj important şi anume asigurarea unei mai mari posibilități de detectare a discontinuităților deschise aflate la suprafața materialului, indicațiile putând fi interpretate imediat. Metoda constă în aplicarea pe suprafața supusă examinării a unui lichid penetrant care pătrunde în discontinuitățile existente punându-le în evidență prin contrast. Metoda are o utilizare limitată deoarece permite numai detectarea defectelor deschise la suprafața controlată, eficiența metodei fiind influențată de prezența în defecte a unor eventuale impurități. Pentru examinare se utilizează penetranți care pot fi cu contrast de culoare sau fluorescenți, revelatori umezi sau uscați, emulsificatori şi solvenți. În cazul penetranților fluorescenți se folosesc, pentru punerea în evidență a defectelor, lămpi care emit „lumină neagră" cu lungimea de undă de 3650 Å (angström – 1 Å = 10^{-8} cm).

1.4.6.4. Metoda de examinare prin utilizarea curenților turbionari

Metoda curenților turbionari este folosită ca o alternativă sau extensie a controlului nedistructiv cu particule magnetice, fiind utilizată, în special, pentru controlul țevilor cu diametrul exterior de maximum 140 mm. Sensibilitatea metodei este maximă la grosimi de perete de până la 5 mm. O dată cu creşterea grosimii pereților, scade eficiența metodei de evidențiere a defectelor interne, ea rămânând eficace pentru evidențierea defectelor de suprafață şi din imediata apropiere a acesteia.

Metoda constă în inducerea unor curenți turbionari în pereții țevii controlate. Câmpul magnetic al curenților turbionari induşi, datorită prezenței unor discontinuități şi neomogenități în material, modifică impedanța bobinei de măsurare, ceea ce afectează amplitudinea şi faza curenților turbionari. Amplitudinea, defazajul şi adâncimea de pătrundere a curenților turbionari, depind de amplitudinea şi frecvența curentului de excitație, de conductibilitatea electrică, de permeabilitatea magnetică a materialului, de forma piesei controlate, de poziția relativă a bobinelor față de piesă, precum şi de omogenitatea materialului controlat.

2.

UTILIZAREA EXPLOZIVILOR LA LUCRĂRILE SUBACVATICE

Tehnologiile şi tehnicile privind utilizarea explozivilor sub apă, s-au dezvoltat continuu, în special datorită dezvoltării lucrărilor cu scafandri la executarea de construcţii hidrotehnice portuare şi la efectuarea de operaţii submarine la instalaţiile petrolifere offshore.

Explozivii sunt utilizaţi la nenumărate aplicaţii, în cele mai diverse lucrări sub apă. Astfel, explozivii sunt folosiţi sub apă în timpul executării lucrărilor de construcţii portuare, pe perioada desfăşurării activităţilor de foraj marin, la lucrările pentru realizarea şanţurilor pentru îngroparea conductelor submarine, la lucrările pentru îndepărtarea obstacolelor în locurile unde trebuie amplasate platforme marine fixe, în cadrul operaţiilor de distrugere a unor epave, în timpul lucrărilor de lărgire a şenalelor de navigaţie, precum şi la efectuarea de operaţii curente în cadrul diverselor lucrări subacvatice aşa cum sunt tăierea sub apă a parâmelor metalice şi a lanţurilor, tăierea conductelor submarine, tăierea unor structuri şi instalaţii submarine etc.

Marea majoritate a acestor aplicaţii subacvatice necesită mari cantităţi de explozivi care, fie că sunt fabricaţi special pentru lucrări subacvatice, urmând ca, fără alte adaptări, să fie amplasaţi şi conectaţi de către scafandri, fie că sunt pregătiţi din materiale explozibile de către artificieri, la suprafaţă, lângă şantierul subacvatic, pe nava-suport, pe barjă, pe chei etc.

Datorită utilizării tot mai frecvente a explozivilor în cele mai diverse lucrări subacvatice, este necesar ca scafandrii să fie familiarizaţi cu o serie de aspecte privind materialele explozibile utilizate şi tehnicile de folosire a acestora sub apă. În cele ce urmează sunt prezentate elementele generale legate de lucrul sub apă cu explozivi care trebuie să reprezinte minimum de cunoştinţe din domeniu ce trebuie asimilate de către scafandri şi de către personalul de asistenţă de la suprafaţă care participă la executarea de lucrări subacvatice cu explozivi.

2.1. CLASIFICAREA ROCILOR DIN PUNCT DE VEDERE AL REZISTENŢEI LA PERFORARE ŞI ÎMPUŞCARE

Ca şi la lucrările de împuşcare executate pe uscat în vederea efectuării de derocări, eficacitatea exploziei sub apă depinde, în mare măsură, de proprietăţile fizico-mecanice ale rocilor sau ale substanţelor minerale în care se împuşcă.

În tabelul 2.1, este prezentată o clasificare a rocilor şi a substanţelor minerale din punct de vedere al rezistenţei lor la perforare şi al consumului de dinamită necesar. Clasificarea rocilor şi a substanţelor minerale din tabelul 2.1, pune în evidenţă existenţa a şapte categorii, fiecare dintre acestea fiind caracterizată prin diferite viteze de perforare şi prin diferite cantităţi de dinamită necesare.

Tabelul 2.1

Clasificarea rocilor şi substanţelor minerale din punct de vedere al rezistenţei la perforare şi al consumului de dinamită

Categoria	Gradul de rezistenţă la perforare	Natura rocilor şi a substanţelor minerale utile	Nr. de tăişuri (capete) consumate pentru 1 m de gaură	Viteza de perforare [mm/min]	Cantitatea de dinamită cu 62% nitroglicerină consumată pentru 1 m^3 roca din zăcământ, [kg]	Metri de gaură pentru 1 m^3 roci din zăcământ
0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
0	Excepţional de mare	Cuarţitele cele mai tari, bazalte, porfire şi alte roci fără fisuri	45	6	11,9	9,0
0a	Excepţional de mare	Aceleaşi roci, însă ceva mai puţin tari	36	7,5	9,5	8,1
I	Extrem de mare	Aceleaşi roci ca mai sus însă cu fisuri mici şi foarte mici	27	10	7,1	7,2
I a	Extrem de mare	Aceleaşi roci ca mai sus însă cu mici fisuri şi începuturi slabe de alterare	22	12	5,8	6,5
II	Foarte mare	Porfir cuarţitic; cuarţite foarte tari; minereu de fier foarte tare, roci granitice foarte tari, gresii, şisturi silicioase şi calcare foarte tari	18	15	4,6	5,8
II a	Foarte mare	Minereu de fier tare, granit tare, porfir cuarţifer, cuarţit tare, şisturi silicioase, gresii şi calcare tari	13	20	3,5	4,8
III	Mare	Granite şi roci granitice, porfirite, gnaisuri, cuarţite fisurate, minereu de fier casant tare, gresii şi calcare, conglomerate tari	9	30	2,4	3,9
III a	Mare	Calcare tari, granit puţin tare, gresii tari, dolomite, marmură tare,	7	38	2	3,5

		pirite				
IV	Mai mare decât mediu	Gresie comună, granite, gneisuri, portfirite, minereuri de fier	5	50	1,5	3,2
IV a	Mai mare decât mediu	Şisturi grezoase, minereu de fier compact, gresii şistoase	4,5	60	1,25	3,0

Tabelul 2.1 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6
V	Mediu	Şist argilos tare, gresii şi calcare semitari, conglomerat tare	4	75	1	2,8
V a	Mediu	Şisturi diferite semitari, marnă compactă	3	100	0,8	2,5
VI	Mai mic decât mediu	Cuarţite puţin rezistente, granite alterate, şist moale, cretă, sare gemă, ghips, antracit, marnă obişnuită, gresie alterată, pietriş cimentat, teren pietros	2	110	0,6	2,3
VI a	Mai mic decât mediu	Teren pietros, minereu de fier umed şi alterat, antracit şi huilă	1,5	200	0,5	2,1
VII	Mic	Minereuri de fier moi, cuarţit puţin rezistent, cărbune moale, alviuni tari, teren argilos	1	300	0,4	2,0
VII a	Mic	Minereuri de fier uscate şi dezagregate	0,5	600	0,3	1,8

2.2. NOŢIUNI ŞI DEFINIŢII SPECIFICE EXPLOZIVILOR

În acest paragraf sunt prezentate, pe scurt, noţiunile şi definiţiile cele mai importante legate de explozivii utilizaţi la executarea de lucrări subacvatice. Astfel, sunt prezentate brizanţa explozivilor, detonaţia, explozia şi deflagraţia.

2.2.1. BRIZANŢA EXPLOZIVILOR

Brizanţa explozivilor reprezintă capacitatea explozivilor de a fragmenta, sfărâma sau distruge substanţe minerale, roci, construcţii de beton sau din metal etc. Cu cât brizanţa unui exploziv este mai mare cu atât gradul de sfărâmare este mai mare. Brizanţa explozivilor depinde de anumiţi factori cum ar fi energia potenţială a explozivilor, viteza de detonaţie, densitatea explozivilor, presiunea gazelor de explozie şi durata transformării explozive.

2.2.2. DETONAŢIA

Detonaţia reprezintă un proces de transformare chimică care se propagă cu o viteză de 1000...4000 m/s şi care se caracterizează prin: viteză constantă stabilă şi maximă, acţiune puternică de distrugere cu efect acustic foarte intens (detunatură). Detonaţia este forma de transformare prin care ia naştere randamentul maxim al unei

substanțe explozibile cu o ardere completă a produşilor rezultaţi şi prin care se degajă cantitatea maximă de căldură şi minimă de gaze toxice.

Reacția chimică de descompunere prin detonație este declanşată de o acțiune exterioară care este unda de şoc. Efectul acestui impuls inițial este dat de capsa detonantă. Transformarea explozivă se datorează undei de şoc care traversează mediul exploziv cu o viteză determinată de intensitatea undei şi de proprietățile mecanice şi termice ale mediului.

Detonația este explicată de către teoria hidrodinamică. În masa explozivului ia naştere şi se propagă o undă de şoc care crează o discontinuitate de presiune şi, ca urmare, explozivul se încălzeşte până la temperaturi foarte înalte, ceea ce face ca reacția chimică de descompunere a explozivului să se desfăşoare intens, sub forma unei reacții explozive exoterme. Căldura rezultată prin descompunerea explozivului (rezultă temperaturi de 3000...4000^{0}C) contribuie la propagarea staționară a undei de şoc. Unda de şoc însoțită de o reacție chimică foarte rapidă poartă numele de *undă de detonație*, iar viteza de propagare a unei asemenea unde se numeşte *viteză de detonație*. Viteza de detonație a unor explozivi poate lua următoarele valori: pentru HEXOGEN – 8639 m/s, pentru NITROGLICERINĂ – 8060 m/s, pentru PENTRIT – – 8150 m/s, pentru TNT – 6480 m/s, iar pentru GELURI – 7900 m/s.

Presiunea care ia naştere în timpul procesului de descompunere prin detonație poate atinge valori de 150 000 ... 250 000 bar.

2.2.3. EXPLOZIA

Explozia reprezintă un fenomen chimic de descompunere rapidă a unui mediu exploziv care este instabil termodinamic, în cursul căreia energia interioară este transferată la exterior având loc un lucru mecanic care dislocuieşte mediul exterior.

Explozia este un fenomen special de transformare chimică care poate lua forma detonației (explozii detonante) sau a deflagrației (explozii deflagrante), în funcție de viteza de propagare care poate fi de câteva mii de metri pe secundă, respectiv de câteva zeci de metri pe secundă.

În figura 2.1 se prezintă modul în care se modifică suprafața liberă a apei datorită unei explozii subacvatice.

Fig. 2.1. Modificarea suprafeței libere a apei datorită unei explozii subacvatice.

2.2.4. DEFLAGRAȚIA

Deflagrația reprezintă forma de transformare chimică a unor substanțe explozibile cu reacție ce se propagă cu o viteză de la câțiva centimetri până la câțiva zeci de metri pe secundă. Deflagrația este specifică pulberilor omogene, neomogene şi compozite. Procesul de deflagrație se caracterizează printr-o creştere rapidă şi continuă a presiunii gazelor, cu formarea unui lucru mecanic de dislocare sau aruncare, în sensul rezistenței minime. Deflagrația este declanşată printr-un impuls de natură termică (scânteie, flacără).

2.3. CLASIFICAREA MATERIALELOR EXPLOZIBILE ÎN FUNCȚIE DE PUTERE

Materialele explozibile se clasifică din punct de vedere al efectului pe care-l pot avea asupra mediului în caz de explozie în explozivi de mare, medie şi mică putere.

2.3.1. EXPLOZIVI DE MARE PUTERE

Explozivii de mare putere sunt explozivi pe bază de nitroglicerină sau nitroglicol (cu conținut de peste 6%), pentrită, hexogen, octogen şi amestecuri ale acestora, explozivi plastici, elastici şi fitile detonante. Ei sunt întrebuințați numai în stare pură sau în amestec cu alte substanțe pentru fabricarea mijloacelor de amorsare (capse de aprindere şi capse detonante), precum şi pentru declanşarea unei forme de descompunere a explozivilor ca detonație, explozie, deflagrație, ardere. În această categorie mai sunt incluşi fulminații de mercur, de argint, de cadmiu şi de cupru, azida de plumb, precum şi nitrurile de mercur şi argint.

2.3.2. EXPLOZIVI DE MEDIE PUTERE

Din categoria *explozivilor de medie putere* fac parte trotilul (trinitrotoluenul – – TNT), tetrilul şi ceilalţi explozivi nitroaromatici, precum şi cei pe bază de azotat de amoniu (Amatol şi Torpex) cu mai puţin de 6% nitroglicerină sau nitroglicol, explozivi pe bază de cloraţi şi perchloraţi, gelurile explozive, amestecurile explozive simple de tip AMAL, emulsiile explozive şi dinamita RA. Aceşti explozivi se caracterizează printr-o sensibilitate mică la impulsuri mecanice, termice sau acustice, dar printr-o mare sensibilitate la activarea undei detonante. Aceşti explozivi realizează puntea de legătură între explozivii de amorsare primară şi încărcăturile de explozivi cu sensibilitate mai mică. De aceea, aceşti explozivi se mai numesc şi *explozivi intermediari*. Datorită proprietăţilor termoexplozive, aceştia sunt întrebuinţaţi la fabricarea capselor detonante, a fitilelor detonante sau a detonatorilor.

2.3.3. EXPLOZIVI DE MICĂ PUTERE

Explozivii de mică putere mai sunt denumiţi şi *explozivi neomogeni*. Din această categorie fac parte amestecurile explozive simple de tip nitramon (AM-1) şi nitromonit, pulberile negre cu fum şi similare, amestecurile explozive cu peste 30% materii inhibitoare (clorură de sodiu, clorură de amoniu etc.), explozivii antigrizutoşi, capsele detonante de orice tip, releele întârzietoare şi sistemele de iniţiere neelectrică. Explozivii neomogeni au sensibilitate mică faţă de acţiunile exterioare.

2.3.4. EXPLOZIVI SLABI

Explozivii slabi sunt pulberile coloidale fără fum, pe bază de nitroceluloză, de nitroglicerină şi amestecuri de nitroglicerină cu nitroglicoli, amestecurile incendiare, fitilele de amorsare Bickford şi pulberile eterogene.

Explozivii slabi sunt explozivi a căror formă de transformare explozivă este deflagraţia declanşată prin intermediul unui impuls de natură termică (flacără, scânteie). Principala caracteristică a acestor explozivi o constituie viteza mică a procesului de transformare explozivă. Din acest motiv, aceşti explozivi sunt întrebuinţaţi la executarea lucrărilor de dislocare a rocilor în bucăţi mari. Pulberile eterogene sunt întrebuinţate la fabricarea mijloacelor de amorsare ca fitilul Bickford, capsele de aprindere şi capsele detonante.

2.4. TIPURI DE EXPLOZIVI UTILIZAŢI LA LUCRĂRI SUBACVATICE

În funcţie de utilizarea pe care o au, explozivii pot fi de mai multe tipuri şi anume: explozivi militari, explozivi industriali şi explozivi plastici.

2.4.1. EXPLOZIVI MILITARI

Explozivii militari sunt utilizaţi în special în aplicaţii militare, însă îşi găsesc aplicare pe scară tot mai largă şi ca explozivi industriali. Expozivii militari pot fi: trinitrotoluenul, hexogenul şi octogenul.

2.4.1.1. Trinitrotoluenul

Trinitrotoluenul este denumit TNT, iar în stare pură este sub formă de pulbere cristalină, are culoare galbenă şi gust amărui. Acesta se obţine prin cristalizare din toluen sau alcool. În România, fabricarea TNT-ului este conform STAS 7878-77, acesta fiind fabricat în două calităţi – calitatea I şi calitatea a II-a. În amestec cu alţi explozivi de amorsare secundară, este folosit la fabricarea fitilului detonant şi a încărcăturilor de iniţiere – detonatorilor. TNT-ul este insolubil în apă rece.

2.4.1.2. Hexogenul şi octogenul

Hexogenul (RDX) şi *octogenul* sunt substanţe explozive de amorsare secundară cu cristale ortorombice de culoare albă, fără miros şi fără gust şi sunt insolubile în apă. Ele sunt substanţe explozibile foarte sensibile la acţiuni mecanice.

Hexogenul este fabricat din acid azotic, hexametilente-tramină şi azotat de amoniu sau prin alte reacţii chimice împreună cu azotat de amoniu.

El se foloseşte la fabricarea capselor detonante, încărcăturilor de iniţiere TH-400, detonatorilor, încărcăturilor de iniţiere secundară şi fitilurilor detonante.

2.4.2. EXPLOZIVI INDUSTRIALI

Explozivii industriali sunt utilizaţi pe scară mai largă în industrie. Cei mai importanţi sunt nitroglicerina, dinamita, azotatul de amoniu, astralita, pentrilul, nitraţii de celuloză şi gelurile explozibile.

2.4.2.1. Nitroglicerina

Nitroglicerina sau nitratul de glicerină este un exploziv care, în stare pură, se află sub forma unui lichid uleios transparent, incolor, cu miros caracteristic, fiind un exploziv de amorsare primară.

Produsul tehnic are o culoare galbenă până la galben-brun, se solidifică la 8^0C şi se topeşte la 11^0C. Nitratul de glicerină este foarte sensibil la acţiuni mecanice (şocuri, frecări, lovituri, mişcări bruşte). Nitratul de glicerină nu este întrebuinţat singur ca exploziv, intrând în compoziţiile de fabricare a multor explozivi împreună cu azotatul de amoniu, nitraţii de celuloză, TNT-ul etc.

2.4.2.2. Dinamita

Dinamita se prezintă sub formă de pastă omogenă de culoare galben-roşcată. În România, se fabrică dinamită RA (Rezistentă la Apă) conform STAS 11261-83. Aceasta se livrează sub formă de cartuşe formate din pastă ambalată în hârtie parafinată sau în tuburi din material plastic. Dinamita RA este obţinută dintr-un amestec de nitroglicerină gelatinizată şi nitroceluloză cu adaos de substanţă hidrofugă.

2.4.2.3. Azotatul de amoniu

Azotatul de amoniu se prezintă sub forma unor cristale rombice, cu gust amărui şi este foarte solubil în apă. Nu este toxic şi este puţin sensibil la acţiuni mecanice exterioare. Azotatul de amoniu nu se amorsează cu capse detonante ci cu un impuls mai puternic produs de încărcături secundare, detonatori şi încărcături de iniţiere (100...300 g TNT). Este întrebuinţat în amestec cu alţi explozivi de amorsare secundară cum ar fi: nitrat de glicerină, nitroglicol, dinitrotoluen, TNT, pentrit, hexogen etc. Astfel, în amestec cu TNT poartă numele de Amatol, iar în amestec cu aluminiu, TNT şi alţi explozivi se numeşte Torpex.

2.4.2.4. Astralita

Astralita este un exploziv de amorsare primară şi se prezintă sub formă de pulbere de culoare cenuşie. Astralita îşi păstrează capacităţile explozive la temperaturi cuprinse între -10^0C şi $+25^0$C. Astralita se fabrică prin amestecarea unor explozivi ca: azotat de amoniu, TNT, nitrat de celuloză şi nitrat de glicerină.

Astralita se livrează sub formă de cartuşe, formate din amestecul pulvurent, ambalat în hârtie parafinată şi având un diametru de 30 mm şi o greutate de 100 g.

2.4.2.5. Pentritul

Pentritul sau PENT este o substanţă explozivă cristalină de culoare albă, insolubilă în apă. Pentritul este unul dintre explozivii de amorsare primară cu cea mai mare sensibilitate la acţiuni mecanice (frecare, lovire, strivire) şi foarte sensibil la detonaţie. Se întrebuinţează la fabricarea capselor detonante, inclusiv cele cu micro-întârzietoare (milisecund), a detonatorilor, a fitilurilor şi a cordoanelor detonante. În amestec cu alţi explozivi de amorsare secundară se întrebuinţează la confecţionarea încărcăturilor de iniţiere TP-400.

2.4.2.6. Nitraţii de celuloză

Nitraţii de celuloză sau nitroceluloza, sunt explozivi de amorsare primară şi sunt obţinuţi prin nitrarea celulozei, având o structură fibroasă de culoare albă sau slab gălbuie. Brizanţa nitraţilor de celuloză este asemănătoare TNT-ului, crescând proporţional cu conţinutul în azot. Nitraţii de celuloză în stare uscată sunt foarte sensibili la acţiuni mecanice (şocuri, frecări, percuţii), precum şi la aprindere prin scânteie şi amorsare cu ajutorul capselor detonante. Nitraţii de celuloză sunt întrebuinţaţi ca elemente principale la fabricarea diferiţilor explozivi industriali cum ar fi: geluri, dinamită RA, explozivi plastici, pulberi omogene etc.

2.4.2.7. Gelurile explozibile

Gelurile explozibile se prezintă sub forma de şlamuri, mâluri sau geluri explozibile, constituite dintr-o soluţie de azotat de amoniu, azotat de sodiu şi azotat de potasiu, la care se poate adăuga praf de aluminiu şi TNT.

Gelurile explozibile se caracterizează prin sensibilitate redusă faţă de şocuri, frecări şi impulsuri termice, prin siguranţă a sistemului de amorsare şi prin rezistenţă mare la apă. Gelurile explozibile fabricate în România sunt G1, G2, G3, G4, G5 şi G6.

Pentru declanşarea procesului de descompunere, este necesar un impuls puternic ca cel produs de un alt exploziv. În acest scop, sunt folosite încărcături intermediare de iniţiere (detonatori) tip TP-400 sau TH-400. Acestea au formă cilindrică cu diametrul şi înălţimea de 70 mm şi cu greutatea de 0,4 kgf.

2.4.3. EXPLOZIVI PLASTICI

După gradul de siguranţă, explozivii plastici se împart în:

- *explozivi plastici obişnuiţi* care au ca elemente constitutive amestec de explozivi lichizi, nitrat de celuloză, azotat de amoniu, dinitrotoluen, TNT;
- *explozivi plastici antigrizutoşi* care au ca elemente constitutive amestec de explozivi lichizi, nitrat de celuloză, azotat de amoniu, clorură de sodiu.

În lucrările subacvatice se utilizează explozivi plastici de tipul pulberilor omogene. Pulberile omogene sunt compoziţii omogene a căror bază o formează nitraţii de celuloză împreună cu alţi explozivi lichizi (nitrat de glicerină, nitroglicol, nitrodiglicol) precum şi alte substanţe şi pot fi aduse în stare plastică.

În funcţie de destinaţia pe care o au, elementele pulberilor omogene se prezintă sub diferite forme geometrice a căror suprafaţă laterală poate fi mai mică sau mai mare. Fiind plastice, în timpul procesului de fabricaţie, pulberilor omogene li se pot da forme variate. Pulberile omogene pot fi clasificate după cum urmează:

- pulberi cu suprafaţă de ardere constantă, care prezintă diferite forme geometrice cum ar fi: lamele, benzi, granule sferice, cilindrice sau prismatice, blocuri cu unul sau mai multe canale (fig. 2.2,*a*);
- pulberi progresive, care au suprafaţa de ardere mai mare decât suprafaţa iniţială, având forme de blocuri cilindrice prevăzute cu un canal central în formă de stea (fig. 2.2,*b*);
- pulberi regresive, care în timpul arderii îşi micşorează suprafaţa, procesul de descompunere având loc din exterior spre interior sau din interior spre exterior (fig. 2.2,*c*).

Pulberile omogene au o bună rezistenţă mecanică, sunt elastice şi flexibile cu un grad mai mare sau mai mic de transparenţă. Elementele lor, care au forme diferite, prezintă de asemenea şi culori diferite: galben deschis, galben închis, verde cenuşiu, brun, albastru închis, negru.

Pulberea omogenă în formă de plăcuţe, prisme, cilindri, de dimensiuni mici, se electrizează prin frecarea reciprocă a elementelor, ce poate duce la aprinderea produsului, provocând accidente grave.

Procesul de descompunere a pulberilor omogene este declanşat cu ajutorul unor capse detonante şi a unui detonator intermediar. Pulberile omogene sunt mai puţin sensibile la acţiuni mecanice decât explozivii de amorsare primară şi mai sensibile decât explozivii de amorsare secundară. Pulberile omogene sunt foarte sensibile la impulsuri termice, aprinzându-se la temperaturi de 180...200^{0}C.

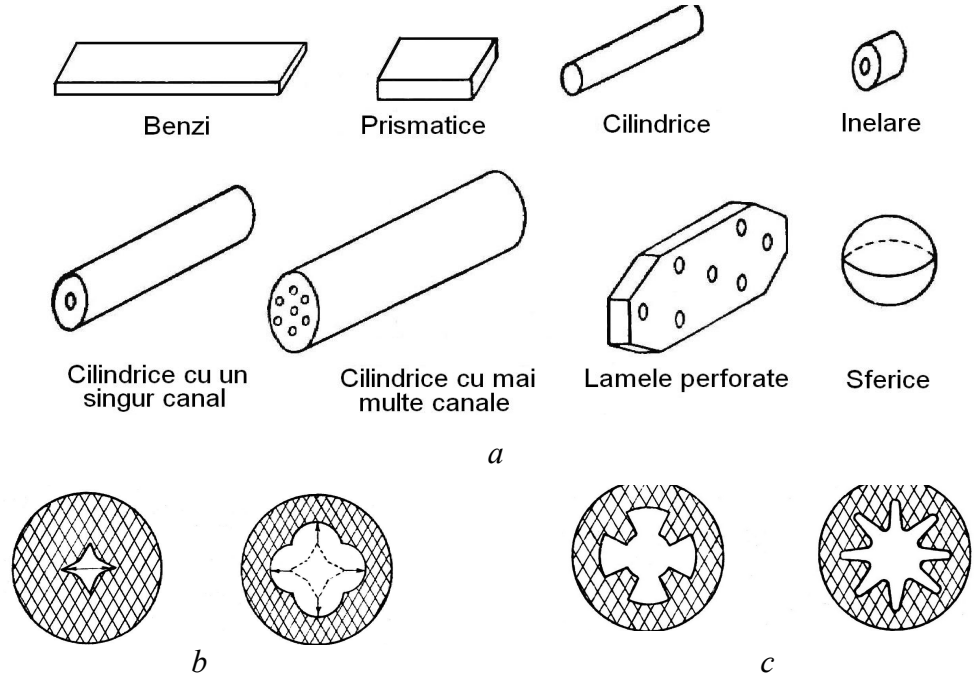


Fig. 2.2. Forma geometrică a pulberilor omogene: *a* – cu suprafață de ardere constantă; *b* – cu suprafață de ardere progresivă; *c* – cu suprafață de ardere regresivă.

2.5. MIJLOACE DE AMORSARE A ÎNCĂRCĂTURILOR EXPLOZIBILE

Substanțele explozibile folosite în domeniul lucrărilor industriale, cu excepția pulberilor, au o sensibilitate mică față de impulsurile inițiale simple. Ele nu fac explozie sub influența unei flăcări sau a unei incandescențe a unei rezistențe electrice. Pentru declanşarea proceselor chimice de descompunere a acestor substanțe, trebuie să se folosească mijloace special concepute şi realizate.

În funcție de principiul de funcționare, mijloacele de amorsare a încărcăturilor explozibile pot fi mijloace pirotehnice, mijloace electrice, completul NONEL şi releele pirotehnice NONEL.

2.5.1. MIJLOACE PIROTEHNICE DE AMORSARE

Mijloacele pirotehnice de amorsare sunt acele dispozitive care funcționează sub influența unor impulsuri inițiale simple cum ar fi flacără, frecare, percuție sau undă detonantă. Aceste dispozitive pot fi fitilul de amorsare Bickford, fitilul detonant şi capsele detonante pirotehnice prezentate în cele ce urmează.

2.5.1.1. Fitilul de amorsare Bickford

Fitilul de amorsare Bickford (fig. 2.3) este întrebuințat pentru aprinderea pulberii negre şi amorsarea capselor detonante pirotehnice. Acesta se fabrică în România conform STAS 1777-72 şi se utilizează în lucrări subacvatice de distrugere, la adâncimi reduse.

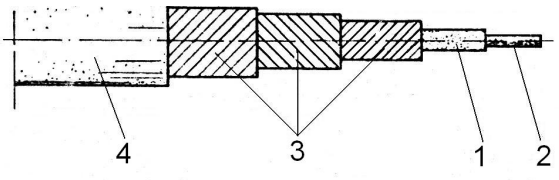


Fig. 2.3. Fitil de amorsare Bickford:
1– miez de pulbere neagră specială; 2– fir de bumbac; 3– înveliş din fire textile dispuse în spirală; 4– strat din cauciuc sau bitum.

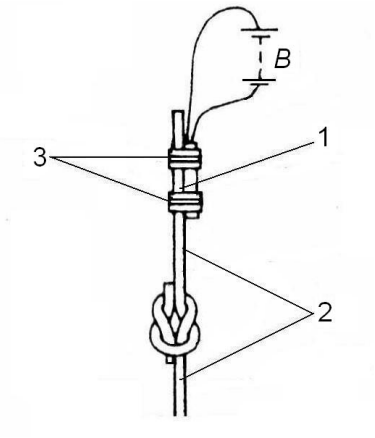


Fig. 2.4. Legarea unui fitil detonant la un alt fitil detonant: 1– capsă detonantă; 2– fitile detonante; 3– bandă adezivă; *B* – sursă electrică.

Fitilul de amorsare se fabrică în patru tipuri, tipul FA2 fiind întrebuințat la lucrări sub apă. Fitilul de amorsare se mai numeşte şi Bickford după numele ofițerului naval care l-a inventat. El este format dintr-un miez continuu de pulbere neagră specială prin centrul căruia trece un fir de bumbac şi dintr-un înveliş din fire textile dispuse în spirală. Pentru etanşeitate, unul sau mai multe dintre straturile învelişului sunt impregnate cu bitum sau se acoperă cu un strat de cauciuc.

Fitilul de amorsare trebuie să îndeplinească următoarele principale condiții tehnice:

- diametrul exterior să fie de 5,0...5,5 mm;
- învelişul exterior să fie uniform, fără crăpături sau rupturi;
- în aer liber să ardă cu viteză uniformă, fără pocnituri, fără emitere de scântei prin înveliş şi fără să se stingă;
- durata de ardere în aer liber să fie de 100...125 s/m, deci o viteză de ardere de aproximativ 1 cm/s;
- să amorseze 5 g de pulbere neagră de la o distanță de 5 cm;
- să transmită arderea de la un fitil la altul, la distanța de 2 cm.

Fitilul de amorsare se livrează în bucăți de 8 m. Fiecare bucată se înfăşoară sub formă de colac şi se leagă cu parâmă vegetală sau sintetică.

2.5.1.2. Fitilul detonant

Fitilul detonant are rolul de a declanşa explozia simultană, sau la intervale de zeci de milisecunde, a mai multor încărcături explozibile situate la distanțe diferite.

Fitilul detonant prezintă avantajul amorsării sigure a unui număr nelimitat de încărcături şi asigură explozia instantanee a întregului dispozitiv. El poate fi folosit şi sub apă, însă nu trebuie ținut mai mult de 12 ore în imersie.

Fitilul detonant este format dintr-un miez de exploziv de amorsare primară sau secundară, prin centrul căruia trece un fir director din bumbac. Miezul fitilului detonant este acoperit cu o împletitură triplă din bumbac sau in, înfăşurată în sens invers. Compoziția miezului fitilului detonant fabricat în România este alcătuită din pentrit (PENT).

Fitilul detonant are diametrul de 5,5...6 mm şi o viteză de detonaţie de 5000...7000 m/s. Fitilul detonant trebuie să îndeplinească următoarele condiţii: să nu se aprindă şi să nu detoneze la şocuri puternice, să fie stabil la variaţiile de temperatură şi la acţiunea umidităţii (apei), să fie elastic şi să nu explodeze la aprinderea cu chibritul.

Fitilul detonant se produce şi se livrează în patru tipuri, diferenţiate prin culoare, în funcţie de încărcătura explozibilă utilizată în procesul de fabricaţie, precum şi de masa acesteia repartizată pe metrul liniar de fitil.

Diferenţierea tipurilor de fitil se face prin notare şi prin culoarea învelişului protector din policlorură de vinil, astfel: la tipul P-12, culoare albastră, la tipul P-16 culoare verde, la tipul P-20 culoare portocalie şi la tipul H-22 culoare roşie.

Fitilul detonant se notează prin indicarea literei care semnifică natura încărcăturii explozive (P pentru pentrită şi H pentru hexogen), urmată de cifra care indică masa încărcăturii explozive repartizată pe metrul liniar de fitil.

Legarea fitilului detonant de un alt fitil detonant se poate face conform cu cele arătate în figura 2.4.

Fitilul detonant se ambalează înfăşurat pe mosoare sub formă de bobine, având lungimea de 100 m pentru tipurile P-12, P-16 şi lungimea de 75 m pentru tipurile P-20 şi H-22.

2.5.1.3. Capsele detonante

Capsele detonante sunt dispozitive alcătuite dintr-un tub cilindric metalic în interiorul căruia se află o încărcătură din substanţe explozibile foarte sensibile la acţiunea unor impulsuri iniţiale simple. Tuburile metalice sunt fabricate din cupru, aluminiu, alamă sau, mai rar, din tablă de oţel. Încărcătura explozibilă a capselor detonante este formată dintr-un exploziv de iniţiere secundară (tetril, trotil) şi/sau dintr-un exploziv de iniţiere primară (fulminat de mercur, azidă de plumb, sau pentrit).

După numărul substanţelor explozibile ce formează încărcătura explozivă, capsele detonante pot fi:

- capse simple, care conţin ca încărcătură un exploziv de iniţiere alcătuit dintr-o singură substanţă sau dintr-un amestec de substanţe explozibile;
- capse combinate, care conţin mai mulţi explozivi de iniţiere dispuşi în straturi distincte.

Din punct de vedere al utilizării, capsele detonante pot fi: capse detonante pirotehnice şi capse detonante electrice.

Capsele detonante pirotehnice sunt întrebuinţate pentru amorsarea încărcăturilor de explozivi. Amorsarea lor se face cu ajutorul fitilului de amorsare Bickford sau a fitilului detonant. Capsele detonante pirotehnice pot fi: cu încărcătură normală, tip CM (fig. 2.5) şi cu încărcătură mărită, tip CA.

Tubul metalic al capsei tip CM serveşte la introducerea substanţelor explozive şi a căpăcelului de siguranţă care acoperă şi protejează încărcătura de amorsare. Tubul este executat dintr-un metal care nu intră în reacţie cu substanţele explozibile din interior. Tuburile capselor pirotehnice tip CM şi CA se construiesc din cupru, având o suprafaţă netedă şi lustruită.

În căpăcelul de siguranță sunt presate separat încărcăturile primară, secundară şi cea intermediară.

Încărcătura de amorsare primară este o substanță foarte sensibilă la acțiunea impulsurilor inițiale termice (jetul de flacără al unui fitil Bickford). Încărcătura de amorsare primară este alcătuită din fulminat de mercur sau azidă de plumb.

Încărcătura de amorsare secundară este formată din tetril. Cele mai puternice capse detonante sunt cele care au încărcătura secundară din pentrit sau hexogen, iar încărcătura primară din azidă de plumb.

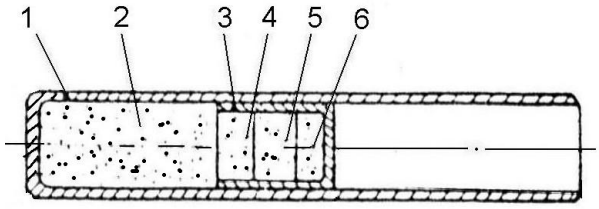


Fig. 2.5. Capsă detonantă pirotehnică tip CM: 1– tub metalic; 2– încărcătură brizantă; 3– căpăcel; 4– încărcătură intermediară; 5– încărcătură de inițiere; 6– material de aprindere.

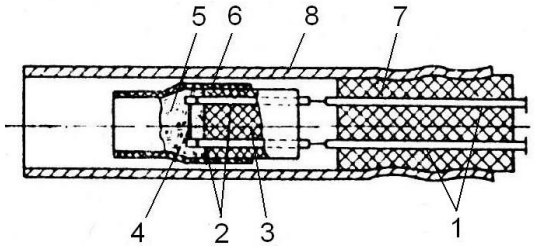


Fig. 2.6. Aprinzător electric: 1– reofori din cupru sau oțel izolați cu PVC; 2– electrozi; 3– piston de bachelită; 4– filament Cr-Ni; 5– cireaşă de aprindere; 6– manşon PVC; 7– dop obturator; 8– tub metalic.

2.5.2. MIJLOACE ELECTRICE DE AMORSARE

Mijloacele electrice de amorsare sunt acele dispozitive care funcționează sub influența acțiunii curentului electric (scânteie, incandescența unui filament). Aceste dispozitive sunt: aprinzătorul electric, capsele electrice tip CEM, CEA, CEP, CEF, capsele milisecund şi explozorul, însoțite de aparatele de măsură şi control.

Procedeul de inițiere pe cale electrică prezintă unele avantaje față de procedeul pirotehnic şi anume: prezintă garanția totală că explozia se va produce la momentul dorit, declanşarea exploziei se realizează instantaneu dintr-un singur loc, permite declanşarea de la o distanță care să asigure protecție completă a operatorului.

Procedeul electric utilizează o sursă de curent electric, capse electrice, explozoare, conductoare şi aparate electrice de măsură şi control. Acesta este un procedeu mai costisitor decât procedeul pirotehnic.

2.5.2.1. Aprinzătorul electric

Aprinzătorul electric (fig. 2.6) este dispozitivul cu care se transformă energia electrică în energie termică provocând aprinderea unor substanțe uşor inflamabile. Acesta se mai numeşte şi dispozitiv de aprindere electrică instantanee.

Tubulețul manşon din PVC se montează peste cireaşa de aprindere şi peste pistonul de bachelită. Acest manşon izolează din punct de vedere electric cireaşa de aprindere. Reoforii sunt distanțați cu ajutorul unui dop obturator din material plastic.

Aceste elemente care formează aprinzătorul electric se introduc în interiorul unui tub metalic sertizat în zona dopului obturator.

Aprinzătorul electric funcționează astfel: reoforii sunt conectați la o sursă de curent electric. La trecerea curentului electric prin filament, acesta se încălzeşte şi amorsează cireaşa de aprindere, dând naştere la o flacără sub formă de jet, care aprinde încărcătura de pulbere sau declanşează procesul de detonație al încărcăturilor explozive din capsele detonante electrice.

Dispozitivul electric funcționează la o intensitate maximă de 0,8 A, iar rezistența electrică a filamentului are o valoare cuprinsă între 1,3 ohm şi 1,9 ohm.

2.5.2.2. Capsele detonante electrice

Capsele detonante electrice constituie o combinație între aprinzătorul electric şi capsa detonantă pirotehnică tip CM sau tip CA. Capsele de fabricație românească au o rezistență de 1,5...2,1 ohm, conform STAS 8136-89.

Amorsarea explozivului de inițiere se face sub influența încălzirii produse pe cale electrică. De aceea, capsele detonante electrice sunt mai complicate din punct de vedere constructiv, având montat în interior şi dispozitivul electric de aprindere.

Capsele detonante electrice pot fi: tip CEM, cu încărcătură normală, tip CEA, cu încărcătură mărită, tip CEP, cu întârzietor înglobat în tubul metalic, tip CEF, cu întârzietor din fitil de amorsare Bickford şi tip milisecund.

Simbolurile acestor tipuri de capse detonante electrice sunt: C – capsă, E – electric, M – minier, A – alte scopuri, P – întârzietor, F – fitil întârzietor.

Capsele detonante electrice tip CEM şi CEA (fig. 2.7) sunt formate dintr-o capsă detonantă pirotehnică tip CM sau tip CA şi un dispozitiv electric de aprindere. Capsa detonantă electrică funcționează în modul următor: se conectează dispozitivul electric la o sursă de curent, se aprinde cireaşa de aprindere care dă naştere la o flacără sub formă de jet dirijat de tubul de manşon către orificiul căpăcelului de siguranță. Încărcătura de pulbere neagră se aprinde şi provoacă detonația explozivului de amorsare primară. Aceste capse sunt utilizate şi la lucrări de detonație sub apă. De aceea sertizarea tubului în zona dopului obturator se face complet etanş pentru a nu permite intrarea apei în capsă.

Capsele detonante electrice tip CEP cu întărzietor (fig. 2.8) sunt asemănătoare capselor tip CEM şi CEA, cu deosebirea că între încărcătura explozibilă şi dispozitivul electric de aprindere, se montează un întârzietor format dintr-un corp prin centrul căruia trece o vână de încărcătură întârzietoare, înglobată în capsă. Întârzierea între două trepte succesive este de 0,5 secunde.

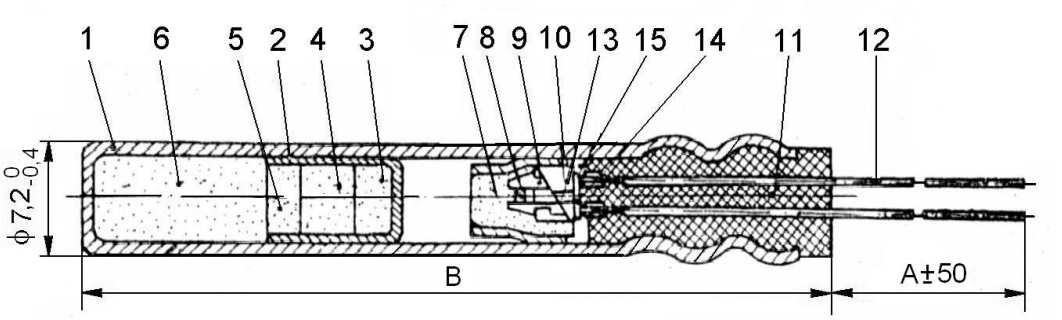


Fig. 2.7. Capsă detonantă electrică cu funcţionare instantanee (tip CEM şi CEA): 1– tub metalic; 2– căpăcel; 3– încărcătură de aprindere; 4– încărcătură de iniţiere; 5– încărcătură intermediară; 6– încărcătură brizantă; 7– cireaşă de aprindere; 8– puncte de incandescenţă; 9– lamele; 10– manşon de protecţie; 11– dop obturator; 12– reofori; 13– agrafă; 14– masă izolantă pentru lamele; 15– manşon întăritor.

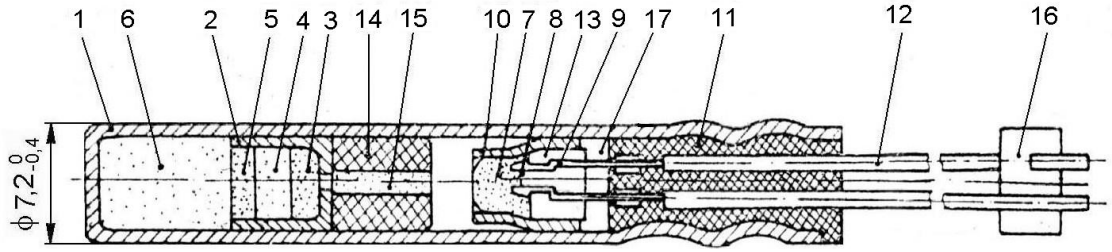


Fig. 2.8. Capsă detonantă electrică cu întârziere tip CEP: 1– tub din: cupru, aluminiu, bimetal (Cu/OL) sau oţel fostat şi lăcuit; 2– căpăcel din: cupru, aluminiu oţel cositorit sau bimetal (Cu/OL); 3– încărcătură de aprindere; 4– încărcătură de iniţiere; 5– încărcătură intermediară; 6– încărcătură brizantă; 7– cireaşă de aprindere; 8– puncte de incandescenţă; 9– lamele; 10– manşon de protecţie; 11– dop obturator; 12– reofori; 13–agrafă; 14– masă izolantă pentru lamele; 15– manşon întăritor; 16– indicator pentru treapta de întârziere; 17– manşon întăritor.

Capsa electrică tip CEP funcţionează astfel: se conectează reoforii la o sursă de curent care aduce în stare incandescentă filamentul prin intermediul căruia se aprinde cireaşa de aprindere care dă naştere la o flacără sub formă de jet dirijată de tubul de manşon către încărcătura întârzietoare. După o întârziere corespunzătoare treptei respective, flacără produsă este transmisă la capsa detonantă care declanşează detonaţia încărcăturii explozibile.

Capsele detonante electrice tip CEF (fig. 2.9) reprezintă o combinaţie între capsa detonantă tip CM şi aprinzătorul electric, prin intermediul unui întârzietor din fitil Bickford. Fitilul întârzietor este prevăzut cu un cap aprinzător din pastă inflamabilă a cărui lungime este în funcţie de numărul de trepte de întârziere.

Capsele detonante electrice milisecund (fig. 2.10) asigură declanşarea exploziilor la intervale de 0,01...0,08 secunde, cele mai bune rezultate fiind date de capsele cu o întârziere de 0,02...0,05 secunde. Folosirea acestor capse prezintă unele avantaje cum ar fi: un efect mult mai redus al vibraţiilor şi o rupere mai bună a mediilor înconjurătoare, un consum mai mic de explozivi, o sfărâmare mai uniformă a rocilor şi un grad ridicat de siguranţă. Capsele detonante electrice milisecund sunt asemănătoare din punct de vedere constructiv capselor detonante tip CEP, diferenţa constând în durata întârzierii.

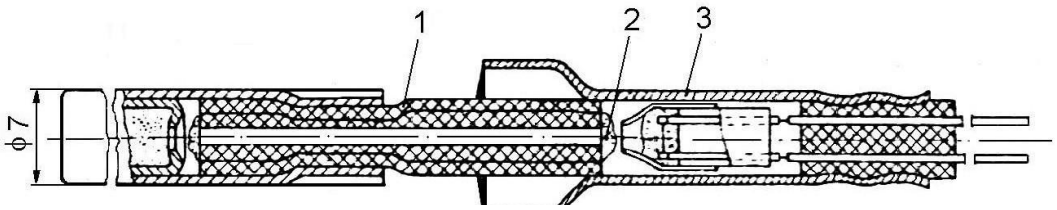


Fig. 2.9. Capsă detonantă cu întârzietor din fitil tip CEF:
1– fitil întârzietor; 2– capul aprinzător; 3– tub.

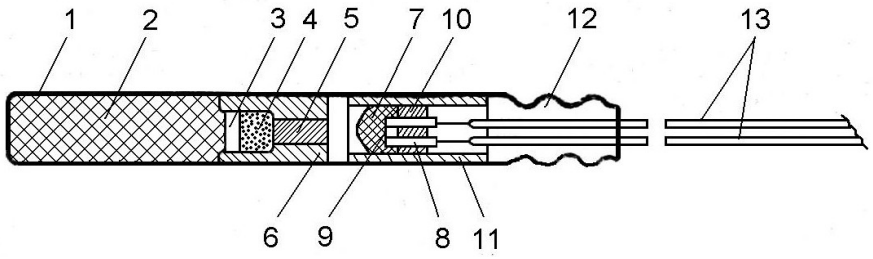


Fig. 2.10. Capsă detonantă electrică milisecund: 1– tub metalic; 2– încărcătură intermediară; 3– încărcătură de amorsare primară; 4– compoziția pirotehnică microîntârzietoare; 5– corp portîncărcătură; 6– compoziția inflamabilă; 7– lamele de contact; 8– filament; 9– punte electrică; 10– izolator; 11– tub manşon; 12– dop; 13– reofori.

Ca exploziv de amorsare secundară este folosit tetrilul, iar ca exploziv de amorsare primară azida de plumb, fulminatul de mercur, sau pentritul. Compoziția pirotehnică microîntârzietoare este foarte uşor inflamabilă, în compoziția ei intrând un oxidant puternic (comburant), insolubil în apă şi o pulbere metalică (carburant).

2.5.2.3. Explozorul dinamo-electric

Explozorul dinamo-electric (fig. 2.11) este un aparat care produce curent electric, prin învârtirea unui dinam montat într-o cutie din metal uşor (alamă, aluminiu). Rotorul dinamului este pus în mişcare fie cu cheie, fie printr-un arc, iar legarea conductorului electric la explozor se face prin două borne. Explozoarele sunt prevăzute cu un contact care permite să treacă curentul electric numai la intensitatea de curent necesară aprinderii capselor detonante electrice.

Fiecare exploziv poartă o plăcuță pe care se indică numărul şi tipul capselor detonante electrice pe care le poate aprinde. Explozoarele au o greutate de 3...5 kgf.

2.5.2.4. Aparatele de măsură şi control

Buna funcționare a capselor detonante electrice şi a întregii rețele de împuşcare, se măsoară şi se controlează cu aparate cum ar fi: voltmetrul cu care se controlează tensiunea rețelei electrice la amorsare şi ohmmetrul (fig. 2.12) cu care se controlează rezistența pe care o opune curentului respectiv, capsa detonantă electrică sau întregul circuit al rețelei de legătură şi al capselor.

Dacă legăturile circuitului electric şi ale capselor detonante sunt bune, atunci acul aparatului se mişcă. În caz contrar, acul rămâne nemişcat.

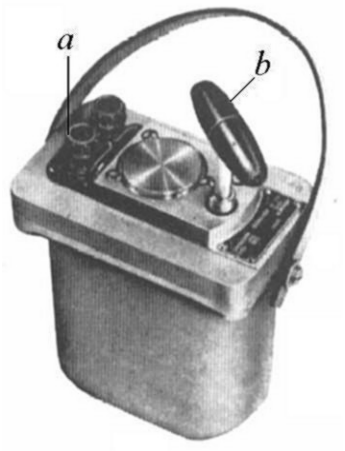


Fig. 2.11. Explozor dinamo-electric:
a – borne de legătură;
b – cheie de acționare.

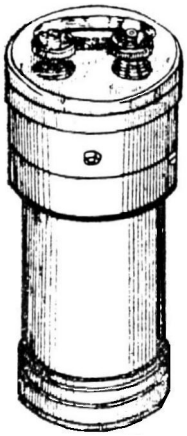


Fig. 2.12. Ohmmetru.

2.5.2.5. Conductorii electrici

Conductorii electrici servesc la transmitarea curentului electric de la sursa de aprindere la capsele detonante electrice. Conductorii pot fi din cupru şi sunt izolați.

După destinație, conductorii electrici pot fi: conductori de capse detonante electrice, care sunt legați de capsa detonantă şi au un diametru de 0,5 mm, conductori de legătură, prin care se leagă între ei conductorii de capse detonante electrice şi care au un diametru de 0,6...0,8 mm, conductori principali, cu care se leagă conductorii de capse detonante electrice sau de legătură la sursa de aprindere a capselor şi care au secțiunea de 0,75...1,5 mm^2.

2.5.3. COMPLETUL DE AMORSARE NONEL

În timpul activităților de împuşcare, în special datorită prezenței explozivilor de amorsare primară, se pot întâmpla accidente de muncă. Una dintre cauze o constituie prezența, în zona de lucru, a unor sarcini electrice datorate acumulărilor de electricitate statică, undelor electromagnetice generate de stații de radio-emisie, radio-locație etc., curenților vagabonzi generați de rețelele electrice de joasă şi înaltă tensiune şi electricității atmosferice. O altă cauză a accidentelor o constituie acțiunile exterioare de natură mecanică sau termică.

Din aceste motive, la acest sistem, au fost eliminați explozivii de amorsare primară (în special pentritul, nitroglicerina, astralita, azida de plumb etc.). Firma suedeză Nitro Nobel a fost prima care a realizat sisteme de detonație fără explozivi de amorsare primară, prin conceperea unui sistem de amorsare neelectric numit completul NONEL (NON-ELECTRIC), destinat declanşării detonației încărcăturilor explozibile, precum şi a unor relee pirotehnice milisecund.

Completul NONEL este alcătuit din: tubul detonant NONEL, capsele detonante milisecund tip NONEL, distribuitoarele detonante NONEL (GT-1 şi GT-2) şi dispozitivul NONEL pentru declanşarea detonației.

2.5.3.1. Tubul detonant NONEL

Tubul detonant NONEL (fig. 2.13) este confecționat, în trei straturi, din masă plastică cu caracteristici superioare, având un diametru exterior de 3 mm şi un diametru interior de 1,5 mm. Partea interioară a tubului este acoperită cu un strat foarte subțire de substanță explozibilă (pulbere foarte fină) de amorsare secundară, cu o greutate de 20 mg/m. Substanța explozibilă prezintă siguranță la efecte de autodetonare şi este foarte rezistentă la acțiuni mecanice.

Încărcătura explozibilă din interiorul tubului NONEL se amorsează cu uşurință şi are o viteză de detonație de 2000 m/s. Pe timpul procesului de detonație, tubul NONEL poate fi ținut în mână fără a prezenta pericol (spre deosebire de fitilul detonant Bickford care poate produce accidente grave). Pentru a preveni pătrunderea umezelii în interiorul tubului NONEL, capetele rămase libere se protejează prin acoperire cu un material hidroizolant. Tubul NONEL poate fi utilizat şi la lucrări de distrugere sub apă.

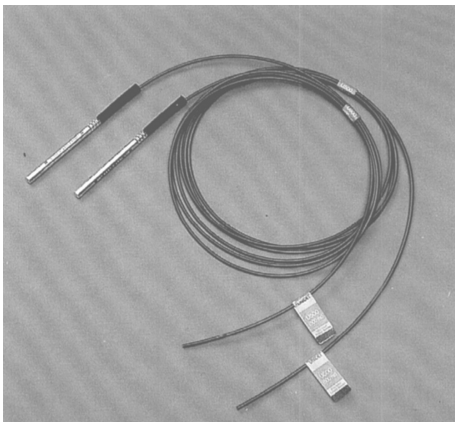


Fig. 2.13. Tub detonant NONEL.

2.5.3.2. Capsele detonante milisecund NONEL

Capsele detonante milisecund (fig. 2.14) folosite pentru declanşarea detonației încărcăturilor explozibile în completul NONEL, reprezintă capse tip Nitro-Nobel, cu microîntârziere de 0,025 s, 0,010 s, sau 0,150 s.

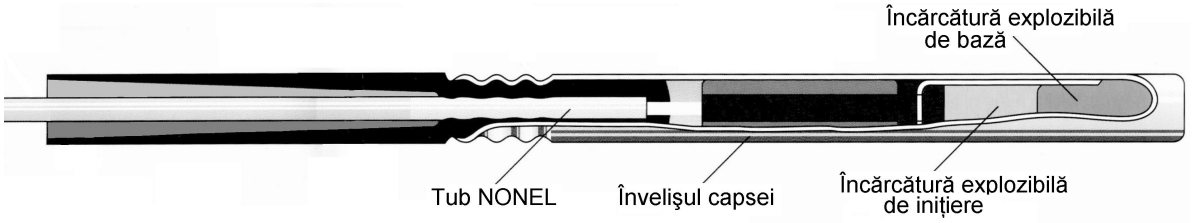


Fig. 2.14. Capsă detonantă milisecund NONEL.

Capsele cu interval de 0,025 s au 18 trepte numerotate de la 3 la 20, se numesc şi sistem NONEL MS şi pot fi utilizate şi la lucrări de distrugere sub apă.

Învelişul capsei este fabricat din aluminiu şi poate avea lungimea de 45...95 mm în funcție de timpul de întârziere. Substanța explozivă de inițiere este pentritul, iar ca încărcătură de bază, capsa conține hexogen.

Capsele detonante milisecund NONEL se conectează la tubul NONEL a cărui undă detonantă provoacă explozia acestora care apoi detonează încărcătura explozibilă.

2.5.3.3. Distribuitoarele detonante NONEL

Distribuitoarele detonante NONEL (fig. 2.15) pot fi simple (GT-1) sau duble (GT-2). Carcasele blocurilor distribuitoare sunt confecționate din masă plastică de culori diferite pentru a fi uşor vizibile şi pentru a fi identificate pentru diferiți timpi de întârziere. În interiorul acestor carcase sunt locaşe în care se amplasează capsa detonantă şi canale necesare introducerii şi conectării tubului NONEL. Distribuitoarele asigură conectarea mai multor ramuri de tub NONEL, precum şi declanşarea detonației acestora.

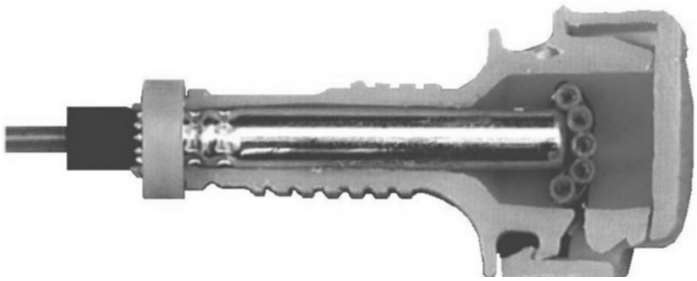


Fig. 2.15. Distribuitor detonant NONEL.

Distribuitorul poate declanşa detonația unei singure încărcături sau a mai multora. Pentru detonația unei singure încărcături, tubul NONEL se introduce şi se fixează prin îndoire în blocul distribuitorului. Operația se poate repeta pentru fixarea următorului distribuitor.

2.5.3.4. Dispozitivul NONEL pentru declanşarea exploziei

Dispozitivul NONEL pentru declanşarea exploziei (fig. 2.16) declanşează rețeaua detonantă având elementele expuse anterior. Dispozitivul este prevăzut cu un tub NONEL cu o lungime de 30 m, 50 m sau 100 m.

La un capăt se află montat blocul detonant distribuitor la care se conectează tuburile NONEL care fac legătura cu încărcăturile explozibile.

Fig. 2.16. Dispozitiv NONEL pentru declanşarea exploziei.

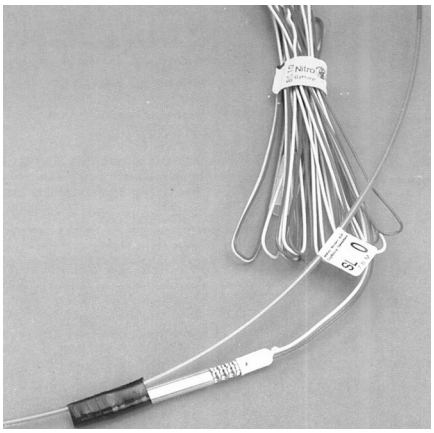


Fig. 2.17. Amorsă pirotehnică conectată la un tub NONEL.

Blocul detonant este prevăzut cu un cartuş special care are o miniîncărcătură detonantă, cu funcţionare prin percuţie, cu care se amorsează impulsul iniţial sub forma unei unde detonante de intensitate minimă pentru amorsarea tubului NONEL.

Detonaţia mai poate fi declanşată şi cu ajutorul unei amorse pirotehnice conectată la tubul NONEL al distribuitorului, având o lungime de minimum 5 m (fig. 2.17). În situaţii deosebite, detonaţia completului NONEL poate fi efectuată şi electric, cu ajutorul unei capse detonante electrice.

2.5.4. RELEE PIROTEHNICE MILISECUND NONEL

Releele pirotehnice milisecund, sau releele detonante cu microîntârziere, sunt fabricate, de asemenea, de către firma Nitro-Nobel şi sunt alcătuite din: tubul metalic deschis la ambele capete, încărcătura formată dintr-un exploziv de amorsare secundară, încărcătura formată dintr-un exploziv de amorsare primară, compoziţia pirotehnică de aprindere şi compoziţia pirotehnică microîntârzietoare. Conectarea la dispozitivul de împuşcare se face prin sertizarea, la ambele capete, a fitilului detonant, care funcţionează în ambele sensuri. Releele pirotehnice milisecund pot fi de mai multe tipuri, având microîntârzieri de 0,001 s, 0,009 s, 0,017 s şi 0,023 s.

2.6. ELEMENTE DE TEHNICA AMORSĂRII

Tehnica amorsării reprezintă totalitatea metodelor şi sistemelor destinate asigurării pregătirii şi provocării detonaţiei substanţelor explozibile.

Pentru declanşarea detonaţiei încărcăturilor explozibile din diferite lucrări de împuşcare, se folosesc următoarele sisteme sau procedee de amorsare sau combinaţii ale acestora: sistemul pirotehnic, sistemul electric, sistemul cu fitil detonant, procedeul mixt sau combinat şi procedeul specific amorsării cartuşului de dinamită.

2.6.1. SISTEMUL PIROTEHNIC DE AMORSARE

Sistemul pirotehnic de amorsare (fig. 2.18) este realizat cu ajutorul unui dispozitiv numit amorsă pirotehnică, ale cărei elemente componente sunt fitilul de amorsare Bickford şi capsa detonantă pirotehnică.

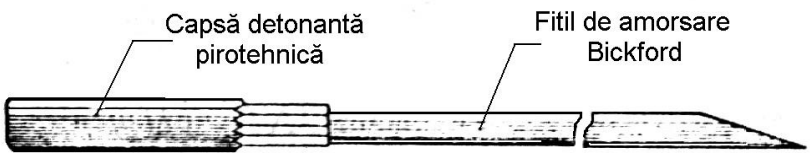


Fig. 2.18. Sistem pirotehnic de amorsare.

Aceste elemente ale amorsei pirotehnice asigură recepţionarea impulsului iniţial sub formă termică (flacără), transformându-l în undă detonantă, care declanşează detonaţia încărcăturii explozibile. Pentru executarea amorsării cu ajutorul amorsei pirotehnice sunt necesare următoarele operaţii: verificarea aspectului exterior al fitilului şi a vitezei de ardere, tăierea fitilului, verificarea aspectului exterior al capsei detonante, intro-ducerea fitilului în capsă şi sertizarea acestuia şi aprinderea fitilului de amorsare. Amorsele pirotehnice sunt protejate împotriva apei prin acoperirea zonei sertizate cu bandă izolatoare.

2.6.2. SISTEMUL ELECTRIC DE AMORSARE

Sistemul electric de amorsare este caracterizat prin utilizarea următoarelor mijloace electrice de amorsare: capse detonante electrice cu funcționare instantanee, cu microîntârziere (milisecund) sau macroîntârziere (secunde), cabluri electrice bifilare (conductori principali) şi monofilare (conductori secundari), aparate de măsură şi control (ohmmetre şi lampă de control), surse de curent continuu sau alternativ (explozor sau rețea electrică). În figura 2.19 se prezintă modul de amorsare pentru un sistem electric de amorsare.

Sistemul electric de amorsare cu microîntârziere prezintă următoarele caracteristici: detonația încărcăturii este declanşată înainte ca unda detonantă a exploziei anterioare să se fi amortizat şi cu câteva milionimi de secundă înaintea proiectării bucăților de rocă. Efectul vibrațiilor asupra construcțiilor din zonă este mult diminuat, permițând mărirea cantității de exploziv cu 50...300%.

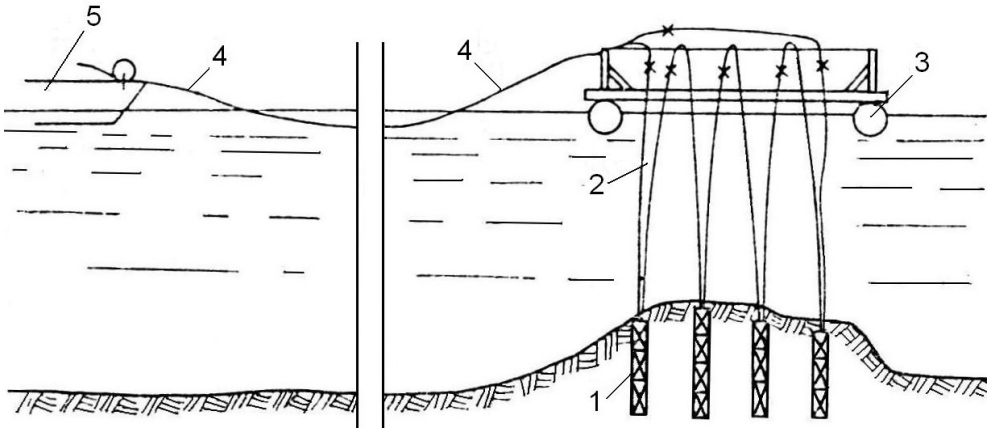


Fig. 2.19. Sistem electric de amorsare: 1– încărcătură explozibilă; 2– reofori; 3– plută; 4– cablu de împuşcare; 5– ambarcațiune de pe care se declanşează explozia.

2.6.3. SISTEMUL DE AMORSARE CU FITIL DETONANT

Sistemul de amorsare cu fitil detonant prezintă următoarele avantaje: previne detonarea intempestivă a încărcăturilor explozive amorsate cu capse electrice, nu necesită folosirea capselor detonante, asigură posibilitatea declanşării simultane a unui număr nelimitat de încărcături explozibile cu microîntârziere şi prezintă mare siguranță în exploatare. Se recomandă ca, ori de câte ori este posibil, să se utilizeze un sistem de amorsare cu fitil detonant şi unul cu capse detonante electrice.

În practica curentă, se întrebuințează două procedee de amorsare cu fitil detonant şi anume: procedeul liniar şi procedeul radial.

Rețelele dispozitivelor cu fitil detonant sunt alcătuite din magistrale şi din ramuri secundare şi finale care formează lanțuri detonante. În structura acestora intră fitilul detonant, încărcăturile explozibile intermediare şi, uneori, capsele detonante pirotehnice sau electrice.

Pentru realizarea unui lanț detonant sunt necesare mai multe operații cum ar fi: conectarea fitilului la detonatoare, conectarea releelor detonante pirotehnice la fitilul

detonant, executarea legăturilor şi ramificaţiilor reţelei şi a nodurilor detonante şi conectarea amorsei pirotehnice sau a capsei detonante electrice. Ansamblul releu pirotehnic–fitil detonant necesită următoarele operaţii: verificarea şi tăierea fitilului detonant, verificarea releului pirotehnic la exterior şi la spaţiile libere de la capetele tubului metalic şi sertizarea tubului metalic la ramurile de fitil detonant.

2.6.4. PROCEDEUL MIXT DE AMORSARE

Procedeul mixt de amorsare se realizează prin combinarea elementelor a două sisteme de amorsare, cele mai întrebuinţate fiind sistemul electric şi sistemul cu fitil detonant. Un asemenea dispozitiv aferent procedeului mixt de amorsare, este format din reţeaua de capse detonante electrice conectate liniar, ramurile finale din fitilul detonant dublat, detonatorul şi încărcătura explozibilă.

2.6.5. PROCEDEUL SPECIFIC AMORSĂRII CARTUŞULUI DE DINAMITĂ

Amorsarea cartuşului de dinamită RA se execută numai la locul de împuşcare. Pentru pregătirea cartuşelor amorsate se procedează în conformitate cu cele prezentate în continuare (fig. 2.20).

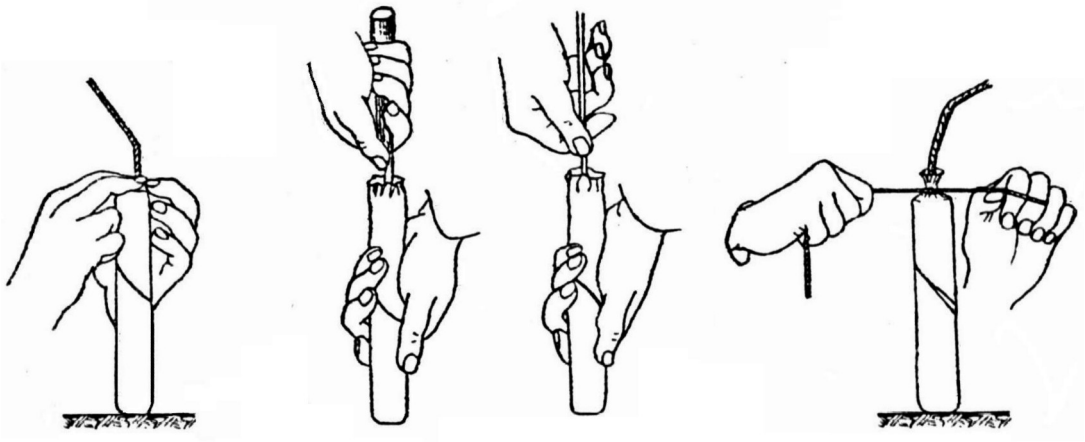


Fig. 2.20. Amorsarea cartuşului de dinamită RA.

Se desface învelişul de hârtie la unul din capetele cartuşului şi, în masa de material explozibil, se face o gaură în care să poată fi introdusă capsa. Se introduce capsa în cartuşul de exploziv şi învelişul de hârtie desfăcut se strânge şi se leagă cu o saulă în jurul fitilului.

Cartuşele amorsate pentru încărcături în linie (în serie) se pregătesc în mod special. Pentru a preveni eventualele rateuri din cauza unei capse, în cartuş se introduc două capse electrice legate între ele în paralel. Conductorii acestor capse se leagă în aşa fel încât să nu poată fi smulşi.

În cazul în care, la o încărcătură în serie, se folosesc mai multe tipuri de explozivi, cartuşul amorsat se pregăteşte din explozivul cu brizanţa cea mai mare.

2.7. OPERAȚII DE ÎMPUŞCARE SUBACVATICĂ

Atunci când este necesar să se adâncească şi/sau să se lărgească şenalele de navigație, danele porturilor etc., sau atunci când este necesară înlăturarea unor obstacole naturale sau de tipul epavelor, se utilizează procedee specifice de împuşcare subacvatică cum ar fi *procedeul de derocare cu găuri de sondă*, care conduce la o repartizare uniformă a energiei exploziei şi la o sfărâmare omogenă şi *procedeul de adâncire cu ajutorul încărcăturilor explozibile amplasate direct pe fundul apei* (pe rocă sau lângă rocă), care conduce însă la formarea de cratere şi la o fragmentare neomogenă a rocilor, metoda fiind fără randament şi neeconomică.

2.7.1. ÎMPUŞCĂRI SUBACVATICE CU GĂURI DE SONDĂ

Găurile de sondă se realizează prin forare percutantă sau rotopercutantă, fie de către scafandri cu ajutorul ciocanelor acționate pneumatic sau hidraulic (fig. 2.21), fie de la suprafața apei, de pe ambarcațiuni speciale de foraj sau de pe platforme autoridicătoare, în funcție de natura mediului acvatic şi de prezența curenților sau valurilor (fig. 2.22).

Fig. 2.21. Forarea găurilor de sondă de către scafandru, pentru împuşcarea subacvatică.

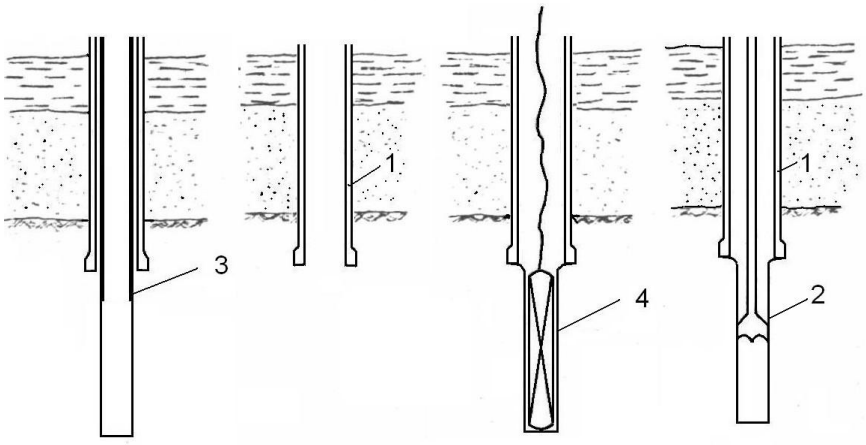


Fig. 2.22. Forarea mecanică a găurilor de sondă: 1– avantub; 2– capul tăietor la treapta a doua de forare; 3– tubaj din PVC; 4– container cu exploziv.

Pentru împuşcările subacvatice se folosesc numai explozivi brizanţi şi rezistenţi la apă, cum ar fi dinamita RA, TNT-ul, pentritul şi nitroglicerina. În cazul utilizării explozivilor care nu sunt rezistenţi la apă, încărcăturile trebuie izolate faţă de apă prin introducerea lor în containere etanşe.

La detonarea simultană a unui număr redus de încărcături, iniţierea se face instantaneu cu ajutorul capselor detonante electrice, sau utilizându-se sistemul de amorsare cu fitil detonant. La detonarea unui număr mai mare de încărcături, se impune protejarea seismică a obiectivelor din jur, iniţierea încărcăturilor făcându-se pe trepte de întârziere cu ajutorul capselor detonante electrice cu întârzieri milisecund sau cu ajutorul procedeului mixt de amorsare.

După realizarea circuitului electric, este necesar să se verifice atât continuitatea circuitului şi a rezistenţei sale, cât şi rezistenţa de izolaţie. Pentru ca îmbinările să fie protejate faţă de apă, este necesar ca acestea să fie fixate în cutii sau manşoane etanşe de construcţie specială. Suprafaţa ce trebuie împuşcată se perforează apoi cu o reţea de găuri la parametri stabiliţi.

2.7.2. ÎMPUŞCĂRI SUBACVATICE DE DEBLOCARE

Împuşcările subacvatice de deblocare sunt utilizate la îndepărtarea unor construcţii vechi, a elementelor constructive din lemn sau metal rămase sub apă, sau a unor obstacole cum sunt epavele.

În prealabil, trebuie efectuată o cercetare a zonei cu scafandri, apoi se stabileşte planul şi documentaţia de împuşcare. La lucrări de deblocare efectuate în reprize, pe cursuri de apă, lucrările de împuşcare se execută din aval înspre amonte. Mărimea încărcăturii depinde atât de obiectul care trebuie împuşcat, de prezenţa obiectivelor învecinate, situate în albia râului sau pe mal, de adâncimea apei, precum şi de efectele de aruncare şi de vibraţiile seismice ce rezultă în urma împuşcării.

2.7.2.1. Împuşcarea subacvatică a elementelor lemnoase

Împuşcarea subacvatică a elementelor lemnoase se utilizează la îndepărtarea digurilor vechi din lemn sau a pilonilor de la podurile vechi din lemn. La pilonii singulari, încărcătura se fixează pe o stinghie din lemn şi se amplasează la baza pilonului. Stinghia trebuie fixată de pilon dinspre amonte, astfel încât curentul de apă să împingă încărcătura înspre pilon. Partea superioară a stinghiei se leagă de pilon (fig. 2.23). Atunci când trebuie îndepărtat un grup de piloni, încărcătura se fixează pe o piesă în formă de T şi se montează în mijlocul grupului de piloni (fig. 2.24).

Pentru calcularea încărcăturii explozibile necesară pentru distrugerea unui pilon sau unui buştean, se foloseşte formula: $Q = D^2 / 1000$, unde Q este încărcătura explozibilă, în kg, iar D este diametrul pilonului, în cm.

Pentru calcularea încărcăturii explozibile necesară distrugerii unui grup de piloni se foloseşte relaţia: $Q = D^2 \cdot P / 1000$, unde Q este încărătura explozibilă în kg, D este diametrul pilonului cel mai mare, în cm, iar P este un factor funcţie de raza de influenţă a încărcăturii şi de diametrul pilonului cel mai mare (tab. 2.2).

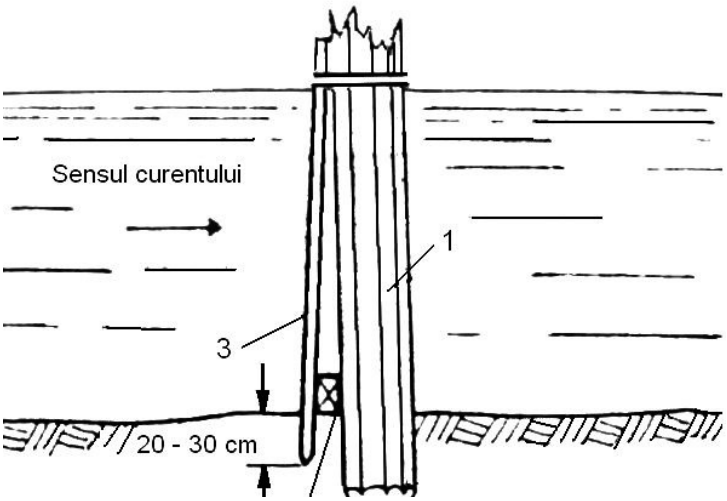


Fig. 2.23. Împuşcarea subacvatică a unui singur pilon: 1– pilon; 2– încărcătură explozibilă; 3– stinghie de lemn.

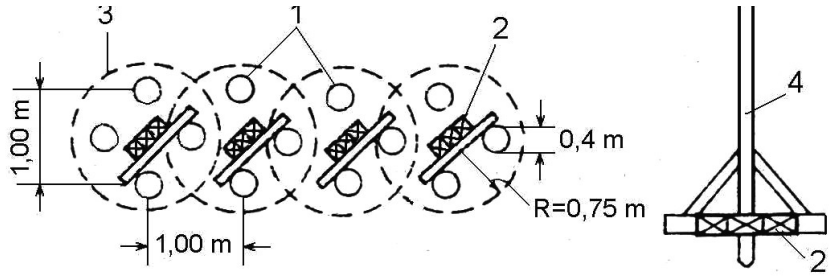


Fig. 2.24. Împuşcarea subacvatică a unui grup de piloni: 1– grup de piloni; 2– încărcătură explozibilă; 3– raza de influenţă a încărcăturii; 4– stinghie pentru fixarea încărcăturii.

Tabelul 2.2

Calcularea încărcăturii explozibile necesare distrugerii unui grup de piloni

Raza de influenţă a încărcăturii [m]	Diametrul pilonului cel mai mare [cm]		
	<15	15...25	25...40
0,5	2	2	2
0,75	3	2,5	2,5
1,00	4	3,5	3
1,25	6	4,5	4
1,50	8	6	5
1,75	12	10	8
2,00	16	14	11

Pilonii care se distrug cu o încărcătură explozibilă trebuie să fie cuprinşi în raza de influenţă a încărcăturii. Pentru raze de influenţă mai mari de 2 m, se recomandă împuşcarea pilonilor individual.

2.7.2.2. Împuşcarea subacvatică a construcţiilor din beton, beton armat şi zidărie

Pentru diferitele lucrări de distrugure a construcţiilor subacvatice din beton, beton armat şi zidărie se folosesc încărcături explozibile fixate pe sau sub construcţia respectivă. Consumul de exploziv este cuprins în intervalul 0,4...0,8 kg/m^3. Suprafaţa care trebuie împuşcată se perforează cu o reţea de găuri situată de-a lungul axei longitudinale, la aproximativ 0,6...0,9 m distanţă între ele. Aceste găuri se perforează în jos, înspre baza construcţiei, apoi se burează. *Burarea* este operaţia de umplere cu material inert (argilă umedă, nisip, praf de rocă etc.), numit material de buraj, a porţiunii neocupate cu explozivi dintr-o gaură creată, sau de deasupra explozivilor, pentru ca explozia să se producă într-un spaţiu închis. În cazul în care construcţia are o grosime mai mare de 2 m, se perforează trei sau patru reţele de găuri paralele, burate, amplasând încărcătura explozibilă în centru.

2.7.2.3. Împuşcarea subacvatică a rocilor stâncoase cu încărcături aplicate

Împuşcarea subacvatică a rocilor stâncoase cu încărcături aplicate este un procedeu ce se utilizează în lucrări de derocare de mică amploare executate cu scafandri, unde instalarea unei platforme este prea costisitoare. La aceste lucrări se obţine un efect de rupere pe 0,5...0,75 m adâncime, încărcătura explozibilă plasându-se de către scafandri direct pe stâncă sau lângă aceasta. Dacă sunt de îndepărtat obstacole stâncoase mai mari, se efectuează împuşcări repetate. Mărimea medie a încărcăturilor aplicate în funcţie de distanţa dintre ele, este dată în tabelul 2.3. La astfel de amplasări ale încărcăturilor, consumul de material explozibil este foarte ridicat, de aproximativ 3...7 ori mai mare pentru 1 m^3 (1,8...2,5 kg/m^3).

Tabelul 2.3

Mărimea medie a încărcăturilor în funcţie de distanţa dintre ele

Distanţa dintre încărcături [m]	Mărimea încărcăturilor [kg]
1,0...1,5	5
1,5...2,0	10
2,5...3,0	20

2.7.2.4. Distrugerea epavelor sub apă

Atunci când se efectuează lucrări de distrugere a epavelor aflate sub apă, cantitatea de explozivi necesară este în funcţie de mărimea epavei respective (lungime, lăţime), de tipul construcţiei acesteia şi de adâncimea apei. Un factor important în determinarea cantităţii de exploziv îl constituie modul în care epava se află situată pe fundul apei şi proporţia în care aceasta este acoperită de nisip, mâl etc.

Pentru exemplificare, se consideră o epavă cu o lungime de aproximativ 50 m şi cu o greutate de circa 750 tone. Pentru acest caz, se plasează trei încărcături de explozivi în prova, centrul şi pupa navei. Aceste încărcături sunt iniţiate simultan şi,

atunci când încărcătura este detonată, forța apei va contribui la acțiunea de distrugere prin îndoirea oțelului navei sau prin fragmentarea părților componente dacă epava este din lemn. Cantitatea de exploziv necesară distrugerii epavei este în funcție de poziția încărcăturii pe navă: 80 kg la prova, 113 kg la centrul navei şi 180 kg la pupa. În cazul epavelor din oțel, trebuie să se amplaseze o încărcătură suplimentară de explozivi de aproximativ 12 kg în caldarina epavei, dacă aceasta nu a fost distrusă de explozia inițială.

Efectuarea tuturor acestor lucrări de distrugere sub apă cu explozivi, necesită utilizarea unei perdele formată din bule de aer comprimat (jet bifazic aer-apă de tip plan) pentru atenuarea undei de şoc ce se propagă în apă, în vederea protejării structurilor subacvatice învecinate.

2.7.3. TĂIEREA SUB APĂ A STRUCTURILOR ŞI PIESELOR DIN OȚEL UTILIZÂND EXPLOZIVI

Tăierea prin explozie este utilizată în lucrările subacvatice de ranfluare a navelor scufundate, încărcătura explozibilă fiind fixată direct pe structura sau pe piesa care trebuie tăiată. Explozivul trebuie să aibă o viteză de detonație de 6...9 m/s. În momentul producerii exploziei, particulele de material sunt proiectate cu o viteză foarte mare pe suprafața elementului de structură sau piesei de tăiat, impactul concentrându-se pe o porțiune mică situată de-a lungul liniei de tăiere. Mărimea, forma şi modul de fixare a încărcăturilor explozibile se stabilesc la fața locului, fiind în funcție de forma piesei de tăiat. Cele mai cunoscute procedee de tăiere sunt cele realizate prin aplicarea încărcăturilor explozibile de contact sau cele realizate prin aplicarea încărcăturilor explozibile formate, pe suprafața piesei metalice de tăiat.

2.7.3.1. Tăierea subacvatică a structurilor şi pieselor din oțel cu încărcături explozibile de contact

Dinamita RA (rezistentă la apă) este folosită pentru tăierea sau ruperea sub apă a structurilor sau pieselor din oțel, ca în cazul unei epave, sau a altor structuri din oțel. Pentru aceasta, cartuşele de dinamită RA întrebuințate se aranjează în serie, sub forma unei încărcături liniare. Dacă suprafața metalică este acoperită de vegetație marină, aceasta trebuie curățată. Pentru ca efectul să fie cât mai mare, undele de şoc ale dinamitei trebuie burate: dacă încărcătura se pune pe o suprafață plană aceasta se acoperă cu saci cu nisip pentru a închide efectul şi a-l direcționa către metal, astfel încât efectul de distrugere să fie cât mai mare. Pentru suprafețe plane, încărcăturile vor avea un efect mai mare dacă sunt făcute în tronsoane de țevi tăiate longitudinal, în corniere sau chiar în tuburi metalice (fig. 2.25) şi bine presate pe metalul de tăiat cu ajutorul sacilor cu nisip. Încărcăturile duble, alcătuite în felul acesta şi plasate de fiecare parte a obiectului care trebuie tăiat, deasupra şi dedesubtul liniei de tăiere, sunt mult mai eficiente decât o singură încărcătură. Atunci când dinamita este folosită pentru tăiere de piese din oțel, trebuie făcut tot posibilul ca încărcătura să fie ferm prinsă şi dublată. Pentru obiecte cu denivelări (scobituri, găuri), efectul este mai mare dacă încărcătura este plasată în interior. Relația dintre grosimea metalului de tăiat şi mărimea cartuşului de dinamită este dată în tabelul 2.4.

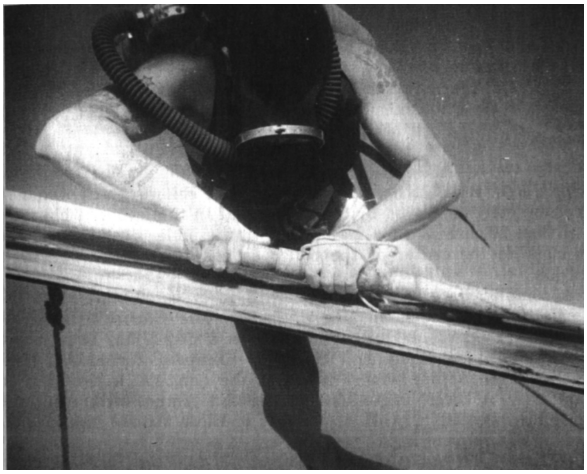


Fig. 2.25. Îmbinarea de către scafandru a două tronsoane de încărcătură explozibilă de formă cilindrică (foto U.S. Navy).

Tabelul 2.4

Relația dintre grosimea metalului de tăiat şi mărimea cartuşului de dinamită

Grosime oțel [mm]	Diametru cartuş dinamită [mm]
3	15
9	21
18	21
25	31

Metoda tăierii oțelului cu încărcături explozibile de contact prezintă unele dezavantaje majore cum ar fi: utilizarea unei cantități mari de explozivi şi obținerea unor suprafețe ale tăieturii foarte neregulate.

2.7.3.2. Tăierea subacvatică a structurilor şi pieselor din oțel cu încărcături explozibile formate sau speciale

Diversele lucrări subacvatice ce se efectuează la nave scufundate, la platforme marine, la conducte submarine etc., impun pe lângă alte activități specifice şi perforarea sau tăierea unor elemente metalice. Printre lucrările de acest gen, efectuate cu scafandri, pot fi menționate decupările la carenele sau punțile epavelor, în vederea pregătirii lor pentru ranfluare, tăierea epavelor în scopul degajării zonelor flotabile, tăierea picioarelor platformelor, a cablurilor de diametru mare, a coloanelor montante, a conductelor submarine etc. Comparativ cu încărcăturile de distrugere prin contact, încărcăturile explozibile speciale prezintă două avantaje: produc o tăietură mult mai precisă şi reduc riscul deteriorării structurilor imerse. Materialele brizante solide cele mai utilizate în acest procedeu sunt: trotil, ten şi hexogen. Acestea au densitatea cuprinsă între 1000 kg/m^3 şi 1500 kg/m^3, viteza de detonație cuprinsă între 5000 m/s şi 10 000 m/s, iar presiunea în aval de frontul de undă cuprinsă între 100 000 bar şi 200 000 bar. Aceşti explozivi se transformă cvasi-instantaneu în gaz, presiunea apărută fiind capabilă de a distruge materialul cel mai rezistent.

Pentru înțelegerea efectului produs de o încărcătură explozibilă cu degajare conică, se prezintă experiența următoare. Pe un bloc de oțel cu grosimea de 20 cm se plasează şase încărcături de material brizant având forma unor cilindri cu înălțimea de 15 cm şi diametrul de 4 cm (fig. 2.26). Încărcăturile **a** şi **b** sunt considerate pline (fără degajare), încărcăturile **c** şi **d** cu câte o degajare în formă de con cu baza îndreptată către blocul de oțel, iar încărcăturile **e** şi **f** sunt prevăzute cu degajări conice căptuşite cu o cămaşă de formă conică din oțel cu grosimea de 1,5 mm. Încărcăturile **a**, **c** şi **e** sunt pozate direct pe suprafața blocului de oțel, iar încărcăturile **b**, **d** şi **f** sunt plasate față de bloc la o înălțime egală cu o dată şi jumătate diametrul încărcăturii (6 cm). Amorsarea încărcăturii se face în locul marcat cu litera A. În figură sunt reprezentate efectele celor şase încărcături asupra blocului de oțel. Se poate remarca faptul că acțiunea de perforare este amplificată în cazul **f**, unde încărcătura prezintă o degajare conică căptuşită cu o cămaşă metalică şi este distanțată față de corpul care trebuie perforat (blocul de oțel).

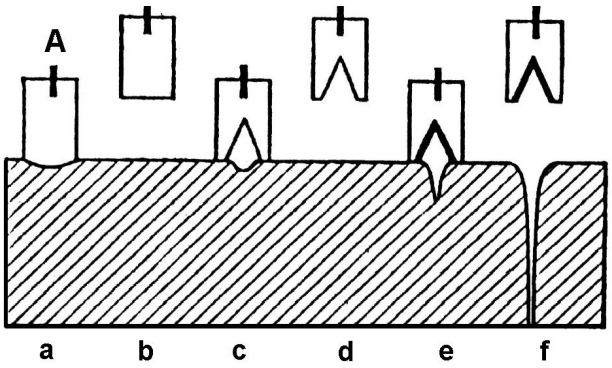


Fig. 2.26. Experiența cu şase încărcături explozibile.

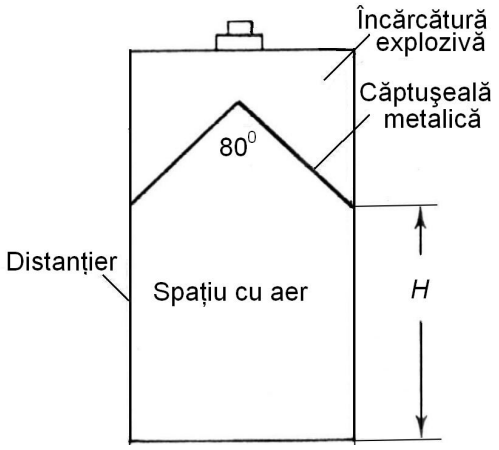


Fig. 2.27. Încărcătură explozibilă cilindrică cu degajare conică pentru găurirea materialelor.

Conform modelelor matematice, cu cât unghiul de la vârful degajării este mai ascuțit, cu atât jetul este mai subțire şi cu o viteză mai mare. Astfel, teoretic, micşorarea progresivă a unghiului permite atingerea unor viteze infinit mai mari şi, în consecință, a unor presiuni de impact infinit mai mari în zona de deformare a jetului. Studiile cantitative au arătat rolul esențial al materialului cămăşii din interiorul degajării unghiulare (oțel, plumb, aluminiu, beriliu etc.), fiecare material caracterizându-se prin unghiul său la vârf limită.

De asemenea, experiența arată că, pentru fiecare degajare unghiulară din interiorul încărcăturii explozibile, în funcție de grosime, de diametrul şi înălțimea ei, precum şi de felul încărcăturii utilizate, există o distanță optimă între încărcătură şi materialul de perforat, care realizează cea mai puternică perforare. Pentru aplicațiile efectului de jet din încărcăturile explozibile, cercetările au condus la anumite caracteristici geometrice ale acestora, aşa cum sunt încărcăturile cilindrice cu degajări conice pentru găurire sau toroidale şi liniare pentru tăiere.

Principalele utilizări ale încărcăturilor explozibile speciale cu generare de jet perforant, în lucrările subacvatice, sunt găurirea şi tăierea diferitelor materiale.

Pentru găurire se utilizează încărcături explozibile de formă cilindrică, prevăzute cu degajări de forma unui con cu baza îndreptată către materialul de perforat (fig. 2.27). Cămaşa metalică de formă conică ce căptuşeşte degajarea trebuie realizată cu o grosime uniformă, iar unghiul interior, de la vârful conului trebuie să fie de 80^0. De asemenea, încărcătura explozibilă va fi menținută la distanța dorită față de suprafața materialului de perforat prin intermediul unui distanțier cilindric de înălțime *H*. În tabelul 2.5 sunt date caracteristicile unei încărcături explozibile cilindrice cu degajare conică.

Tabelul 2.5

Caracteristicile încărcăturilor explozibile cilindrice cu degajare conică

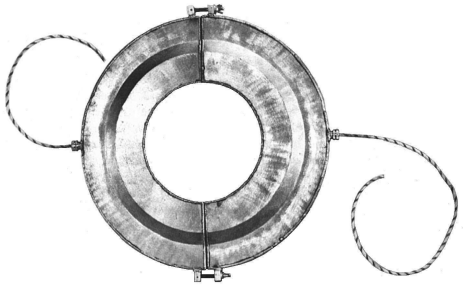
Masa încărcăturii explozibile [g]	Grosimea căptuşelii metalice a conului [mm]	Diametrul *d* [mm]	Înălțimea $H = (3/4)d$ [mm]	Grosimea materialului de perforat (beton) [mm]	Grosimea materialului de perforat (oțel) [mm]
113,4	1,5	53,0	40,6	225-300	69-75
227,0	1,9	59,0	50,0	300-375	95-106
453,6	2,3	84,0	62,5	375-500	119-131
2268,0	4,0	141,0	106,0	600-800	187-206
4536,0	5,0	178,0	134,0	825-1000	225-262
453600,0	11,0	387,5	287,5	1875-2125	500-537

Capacitatea unei astfel de încărcături explozibile de a concentra energia într-o anumită direcție prin formarea unui jet cu efect cumulativ, va mări considerabil efectul de perforare a unei anumite cantități de exploziv. Acest efect cumulativ s-a obținut prin punerea materialului explozibil deasupra conului metalic (cămăşii metalice), al cărui vârf este situat în partea opusă suprafeței obiectului de perforat. Detonatorul (capsa electrică sau pirotehnică) se află fixat la partea superioară a încărcăturii explozibile, făcând un unghi de 90^0 cu suprafața obiectului. În acest mod, efectul produs de explozie depăşeşte cu mult pe cel produs de o cantitate egală de exploziv plasată în mod convențional. Natura acestui efect special a fost studiată cu ajutorul fotografiei cu raze X care a pus în evidență faptul că, în timpul detonației, căptuşeala metalică a conului se topeşte înspre vârf, rezultând un jet de particule din cămaşa metalică topită, care amplifică efectele jetului. Astfel, materialul obiectului supus perforării este împins în părți, formându-se o gaură netedă, rotundă.

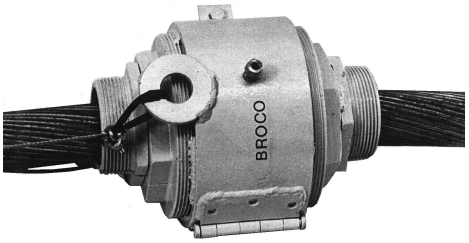
Pentru tăiere, se pot utiliza fie încărcături de formă toroidală, fie încărcături liniare. Încărcăturile explozibile toroidale (fig. 2.28), prevăzute cu o degajare de forma unui tor cu secțiune triunghiulară, sunt folosite pentru tăierea obiectelor submerse cu secțiune de formă circulară, cum ar fi: cabluri din oțel (fig. 2.28,*b*), conducte (fig. 2.28,*a,c*), lanțuri, picioare de platforme marine, coloane montante, catarge, picioare de poduri etc.

Încărcăturile explozibile liniare (fig. 2.29), prevăzute cu degajări de forma unei prisme cu secțiune triunghiulară, sunt folosite pentru tăierea unor obiecte cu suprafață

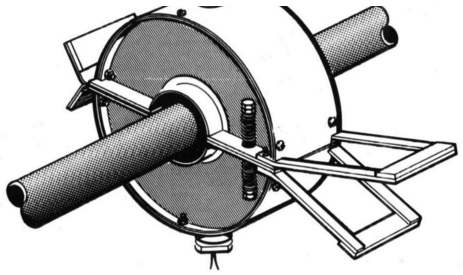
plană sau aproximativ plană cum ar fi bordajul şi punţile epavelor. În cazul încărcăturilor liniare, penetrarea oţelului este în funcţie de puterea de detonaţie a explozivului folosit. În tabelul 2.6 sunt prezentate caracteristicile încărcăturilor liniare cu degajare prismatică.



a



b



c

Fig. 2.28. Încărcături explozibile toroidale:
a – aspectul unei încărcături explozive toroidale;
b – încărcătură taroidală pentru tăierea cablurilor şi lanţurilor;
c – încărcătură toroidală pentru tăierea de conducte, picioare de platforme marine sau coloane montante.

Tabelul 2.6

Caracteristicile încărcăturilor liniare cu degajare prismatică

Masa încărcăturii explozibile [g/m]	Lăţimea *l* [mm]	Înălţimea *h* [mm]	Distanţier *H* [mm]	Grosimea tăieturii [mm]
128	17,0	14,5	15,0	17,5
256	22,5	23,6	17,5	25,0
426	29,0	26,0	19,0	35,0
682	36,0	31,0	25,0	42,5
2238	57,0	48,0	56,0	79,0

Tăierea oţelului sub apă poate fi realizată şi cu ajutorul pulberilor omogene. Fiind plastice în timpul procesului de fabricaţie, li se pot da forme foarte variate astfel încât să urmărească secţiunea transversală a elementelor de tăiat (inele, lamele, benzi, blocuri cu unul sau mai multe canale) (fig. 2.30).

O alternativă a procedeului de tăiere prin explozie o constituie tăierea chimică. La acest procedeu are loc o reacţie exotermă a unui combustibil numit Pyronol ce poate fi alcătuit din nichel, aluminiu, oxid de fier şi fluorocarbon. După amorsare componentele reacţionează instantaneu, iar metalul şi oxizii topiţi sunt expulzaţi cu

mare viteză. Impactul provoacă apariția instantanee a unui crater şi apoi perforarea materialului.

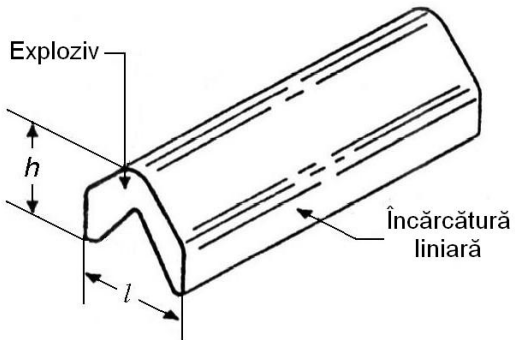


Fig. 2.29. Încărcătură explozibilă liniară.

Fig. 2.30. Încărcătură explozibilă inelară pentru tăierea de conducte subacvatice cu diametru mare.

2.7.4. ÎMPUŞCĂRI SUBACVATICE DE PROTEJARE

Împuşcările subacvatice de protejare sunt utilizate pentru protejarea instalațiilor portuare, platformelor marine şi a altor structuri față de unda de şoc a unei explozii subacvatice. Datorită compresibilității reduse a apei, unda de şoc se propagă neamortizată, iar datorită faptului că apa este omogenă şi nu prezintă suprafețe discontinui ca roca (plane de separare, fisuri, crăpături etc.) nu are loc diminuarea undei de şoc datorită refracției sau dispersiei. Din aceste motive, unda de şoc declanşată de o detonație subacvatică a unei încărcături explozibile poate influența cu o intensitate puțin diminuată, pe distanțe mari, având efecte periculoase asupra instalațiilor sensibile la şocuri. De aceea, este necesar să se reducă transmiterea directă a impulsului detonației asupra apei, prin burarea încărcăturilor. Împuşcarea încărcăturilor în găuri sau pe suprafețe plane burate, duce la o reducere a mărimii presiunii în frontul undei de şoc în apă de 7...10 ori față de încărcăturile neburate.

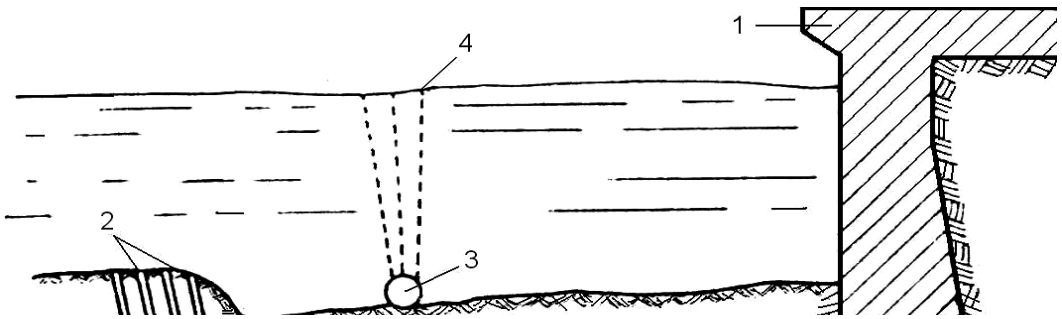


Fig. 2.31. Protejarea unui obiectiv cu perdele din bule de aer: 1– obiectiv de protejat; 2– încărcătură explozivă; 3– distribuitor de aer comprimat din țeavă perforată; 4– perdea din bule de aer.

Datorită faptului că şi la încărcăturile burate apar unde de şoc, este necesar ca intensitatea lor să fie diminuată. În acest sens, se pot utiliza jeturi bifazice aer-apă sub formă de perdele din bule de aer lansate în apă care diminuează intensitatea undei de

şoc prin discontinuitatea dintre faze. Procedeul constă în plasarea pe fundul apei, între locul împuşcării şi obiectivul de protejat, a unui distribuitor care poate fi o conductă prevăzută cu orificii mici, legată la o sursă de aer comprimat (fig. 2.31). Dacă raportul dintre distanța între orificii şi diametrul acestora este corespunzător, iar reglarea presiunii şi a debitului de aer este de asemenea corespunzătoare, deasupra conductei aflată în apă se produce un jet bifazic aer-apă sub forma unei perdele din multiple bule mici de aer, care sunt fin dispersate în apă şi care, în mişcarea lor ascensională, antrenează şi lichid. Atunci când unda de şoc, având o anumită intensitate, se loveşte de această perdea, o parte din energie este absorbită de bule, unda de şoc care traversează perdeaua este mult diminuată, iar presiunea în frontul undei este redusă în funcție de presiunea şi debitul aerului lansat prin orificiile distribuitorului. În figura 2.32 se arată în ce măsură poate fi diminuată intensitatea undei de şoc în apă prin utilizarea unei perdele din bule de aer lansate în mediul acvatic.

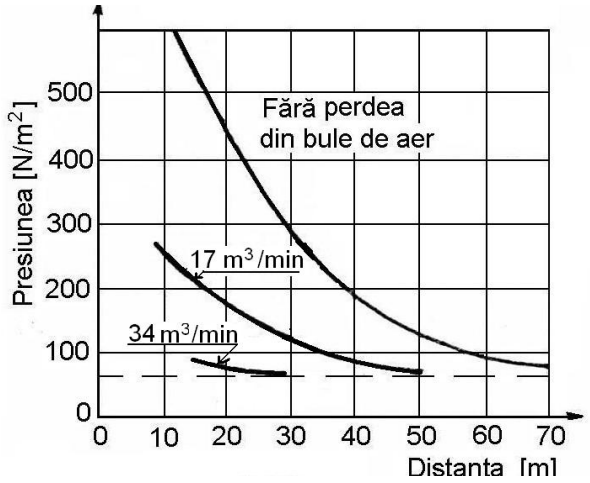


Fig. 2.32. Diminuarea intensității undei de şoc în apă funcție de distanța față de locul împuşcării şi de debitul de aer al perdelei de protejare.

Pentru obținerea bulelor de aer, se utilizează distribuitoare de lansare a bulelor de aer constituite din conducte cu diametrul de 50...75 mm prevăzute cu orificii cu diametrul de 1,2...1,5 mm aşezate pe 2...3 rânduri la o distanță de 20...40 mm unul față de celălalt. Presiunea aerului comprimat introdus este, în mod normal, de 7 bar (sc.man.). Se recomandă ca perdeaua de bule de aer să fie lansată în mediul acvatic cu 5 minute înainte de împuşcare, iar distanța dintre locul împuşcării şi perdea să fie de 15...18 m. Acest procedeu este utilizat şi pentru protejarea platformelor marine, printr-un sistem de țevi fixat pe partea cea mai de jos a platformei, realizându-se astfel învăluirea platformei într-o perdea de bule de aer pe timpul împuşcării. De asemenea, procedeul este utilizat şi pentru protejarea la undele de şoc, propagate în apă, a construcțiilor şi instalațiilor portuare cu parte imersată.

În cazul în care unda de şoc este transmisă în special prin sol, pentru protejarea diverselor obiective se utilizează prodeceul cu perne de aer (fig. 2.33). Acest procedeu constă în perforarea, în fața instalațiilor de protejat, a unui rând de găuri cu diametrul de 100...150 mm, la distanța de 0,5 m una față de cealaltă şi cu o lungime corespunzătoare găurilor folosite la împuşcarea de derocare. Aceste găuri se încarcă pe întreaga lor lungime cu containere etanşe din tablă.

În acest mod, unda de şoc, declanşată la împuşcare şi transmisă prin sol, va distruge containerele, roca desprinzându-se de-a lungul rândului de găuri, protejând obiectivele.

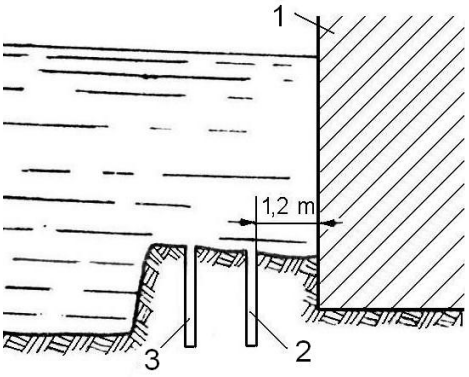


Fig. 2.33. Procedeul de amortizare cu aer: 1– obiectiv de protejat; 2– rând de găuri de protejare; 3– rând de găuri pentru împuşcarea de derocare.

2.7.5. RATEURI

Reuşita lucrărilor de împuşcare şi realizarea lor în condiţii de securitate, se asigură printr-o împuşcare fără rateuri a încărcăturilor explozibile. Un rateu duce la pierdere de timp şi la întârzierea tuturor operaţiilor, deoarece lucrul trebuie oprit până la lichidarea rateului.

Marele număr de împuşcări nereuşite, determinate de rateuri parţiale sau totale, se datorează, în cea mai mare parte, deteriorării mecanice a circuitelor în timpul încărcării. Starea bună a reţelei de împuşcare şi exactitatea calculării acesteia, reprezintă o bună garanţie a succesului împuşcării. În toate cazurile, se execută un control riguros al capselor electrice, eliminându-se cele defecte.

Înainte de a se face legarea cartuşelor de dinamită RA amorsate la conductoare, se va executa o verificare a capselor. În cazul în care capsele de probă au dat rateuri, se verifică defectele circuitului şi se iau măsuri. Circuitul de împuşcare trebuie controlat în timpul lucrului, după terminarea încărcării. În cazul circuitelor cu fitil detonant, acestea trebuie controlate detaliat şi atent, luându-se măsuri de a fi protejate de deteriorări mecanice. Pentru o verificare a acestui circuit, se execută o explodare de probă, departe de locul lucrărilor de împuşcare, cu o schemă similară ca aceea care se va exploda, luându-se măsuri pentru înlăturarea deficienţelor constatate.

2.7.6. EFECTELE EXPLOZIILOR SUBACVATICE ASUPRA SCAFANDRILOR

În eventualitatea în care un scafandru se află în apropierea zonei în care urmează a avea loc o detonaţie a unor încărcături explozibile sub apă sau la suprafaţă, pot rezulta accidente deosebit de grave care pot conduce chiar la decese.

În eventualitatea expunerii la unda de şoc provocată de o explozie subacvatică, unele organe ale corpului uman sunt mai puţin afectate de efectele propagării undei de şoc sub apă, acestea fiind ficatul, rinichii şi splina. Părţile corpului care sunt cel mai afectate de propagarea undei de şoc sub apă sunt cele care conţin aer şi anume plămânii, intestinele, stomacul şi capul (sinusuri şi urechi). Acestea sunt supuse efectelor de rupere şi perforare sub acţiunea undei de şoc. Simptomele prezentate de către scafandri expuşi la unde de şoc pot fi:

- la plămâni: jenă respiratorie, respiraţie superficială, hemoragie, stop respirator, sincopă;
- la intestine şi stomac: contracţii abdominale, hemoragie internă;
- la urechi: ruperea timpanului, vertij.

Primul ajutor constă în tratarea hemoragiilor, administrarea de oxigen pentru starea de şoc, iar pentru sincopă, respiraţie artificială, administrare de oxigen pur şi masaj cardiac extern. Atunci când scafandrul se află în apă, efectele exploziei asupra corpului acestuia depind şi de poziţia pe care o are scafandrul în apă. În cazul în care scafandrul se află în apă, iar explozia va avea loc în aer sau la suprafaţa apei, scafandrul trebuie să se scufunde cât mai adânc în apă, pe verticală şi nu pe orizontală, având spatele îndreptat către suprafaţă. Fundul dur al apei reflectă unda de şoc, iar un fund mâlos o absoarbe. Dacă este posibil, scafandrul trebuie să se întindă pe fund, cu mâinile acoperind urechile.

Dacă explozia are loc sub apă, iar scafandrul are timp suficient pentru a acţiona, trebuie să iasă din apă cât mai repede posibil. În cazul în care este necesar să se afle în apă, scafandrul trebuie să se îndepărteze cât mai mult posibil, poziţionându-se în plutire pe spate şi având capul complet afară din apă.

În general, partea vătămată a corpului se resimte sub forma unui barotraumatism local, într-un mod extrem de rapid şi puternic. Aceasta deoarece aerul din interior nu se poate comprima şi nu poate egaliza presiunea cu aceeaşi viteză cu care celelalte părţi necompresibile ale corpului transmit aceste variaţii rapide de presiune.

2.8. LEGISLAŢIA PRIVIND REGIMUL EXPLOZIVILOR UTILIZAŢI LA LUCRĂRI SUBACVATICE

În România, regimul materiilor explozibile, inclusiv în cazul utilizării acestora la lucrări subacvatice, este reglementat prin Legea nr. 126/1995, iar prin HG nr. 536/2002 sunt aprobate "Normele tehnice privind deţinerea, prepararea, experimentarea, distrugerea, transportul, depozitarea, mânuirea şi fabricarea materiilor explozibile utilizate în orice alte operaţiuni specifice, în activităţile deţinătorilor, precum şi autorizarea artificierilor şi a pirotehniştilor".

2.8.1. AUTORIZAREA ARTIFICIERILOR

Persoanele care deţin, transportă şi folosesc materiale explozibile, aici fiind incluse şi persoanele care le utilizează pentru efectuarea de lucrări subacvatice, sunt obligate să obţină în prealabil autorizaţia **I**nspectoratului de **S**tat **T**eritorial pentru **P**rotecţia **M**uncii (ISTPM) şi a **I**nspectoratului de **P**oliţie al **J**udeţului (IPJ) sau **D**irecţiei **G**enerale de **P**oliţie (DGP) a municipiului Bucureşti şi să se înregistreze la aceste autorităţi.

ISTPM şi IPJ sau DGP a municipiului Bucureşti, după caz, pot retrage autorizaţiile, pot suspenda sau restrânge activităţile cu materiale explozibile, dacă sunt încălcate prevederile legale care au stat la baza eliberării acestora.

Autorizaţiile eliberate se vizează anual de către autorităţile emitente în raza cărora titularul îşi are sediul.

Persoanele autorizate care execută lucrări subacvatice cu caracter temporar sau alte activităţi sub apă în care utilizează materiale explozibile, sunt obligate să anunţe ISTPM şi IPJ sau DGP a municipiului Bucureşti în raza cărora se află localităţile unde îşi vor desfăşura activitatea, cu cel puţin 48 ore înainte de începerea lucrărilor la care folosesc materialele explozibile.

2.8.2. DEPOZITAREA EXPLOZIVILOR FOLOSIȚI LA LUCRĂRI SUB APĂ

Materialele explozibile utilizate la lucrări subacvatice efectuate cu scafandri, pot fi depozitate numai în spații special construite şi amenajate pe baza documentațiilor avizate de ISTPM. Depozitele de materiale explozibile, amenajate în condițiile prevăzute, pot funcționa numai după obținerea prealabilă a autorizației emisă în comun de ISTPM şi IPJ sau DGP a municipiului Bucureşti după caz.

În autorizația de funcționare se stabileşte capacitatea maximă de depozitare în echivalent trotil.

Capsele detonante vor fi depozitate în clădiri sau în camere subterane, separate de cele în care se depozitează explozivii propriu-zişi. Fac excepție depozitele de la suprafață cu capacități până la 500 kg în echivalent trotil, în care mijloacele de inițiere pot fi depozitate în aceeaşi clădire cu explozivii propriu-zişi, însă în încăperi separate.

Excepție de la prevederile privind păstrarea în comun a explozivilor de tipuri diferite sunt în depozitele de consum şi cele temporare sau de scurtă durată cu capacități până la maximum 200 kg explozivi.

2.8.3. TRANSPORTUL EXPLOZIVILOR UTILIZAȚI LA LUCRĂRI SUBACVATICE

Transportul şi mânuirea materialelor explozibile se efectuează sub directa supraveghere a artificierilor autorizați şi numai cu personal special instruit.

Fiecare transport de materiale explozibile se efectuează cu mijloace special amenajate, pe baza ordinului de transport eliberat şi semnat de beneficiarul transportului. Transportul de la depozitul de consum la locurile de muncă este permis pe baza documentelor de ridicare a materialelor explozibile din depozit.

Transportul şi depozitarea în comun a mai multor tipuri de explozivi se fac numai în condiții legale.

Pentru transportul de la depozitele de bază la cele de consum, agentul economic este obligat să anunțe, în prealabil, unitatea Ministerului de Interne pe teritoriul căruia se efectuează transportul.

Materialele explozibile pot fi transportate în vagoane de cale ferată acoperite, în nave şi alte ambarcațiuni, în avioane, elicoptere, autovehicole, căruțe sau sănii.

Transportul materiilor explozive cu funiculare, remorci şi alte asemenea mijloace, poate fi făcută numai cu luarea de măsuri suplimentare privind securitatea publică şi a persoanelor stabilite în scris de către conducătorul unității beneficiare.

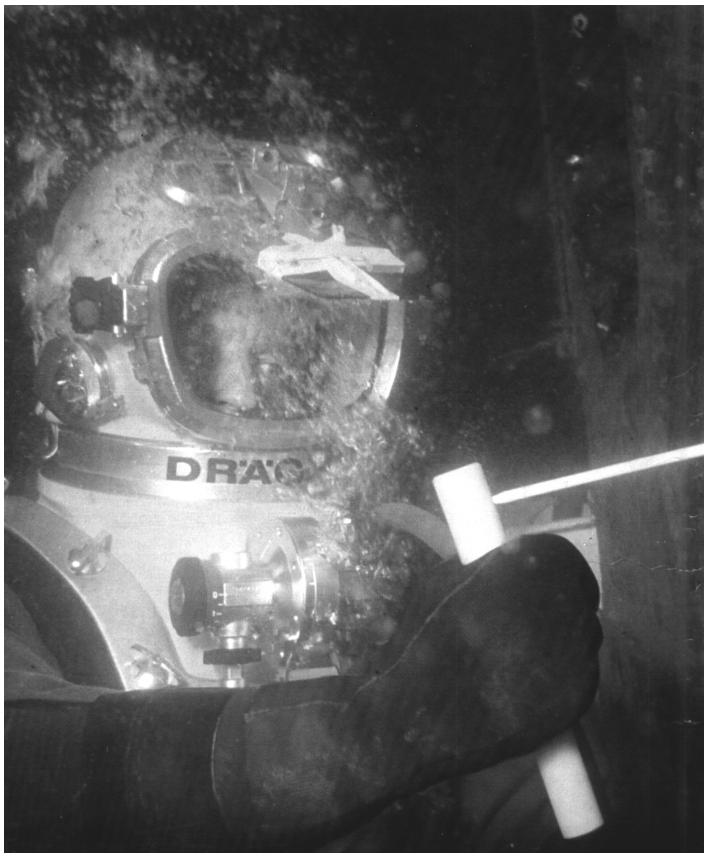
Vehiculele folosite la transportul materialelor explozibile vor fi amenajate astfel încât să se evite producerea de incendii în timpul deplasării. Acestea vor fi prevăzute cu suspensii elastice şi echipate cu mijloace pentru stingerea incendiilor, conform normelor specifice transportului substanțelor periculoase, precum şi cu mijloace de marcare şi avertizare.

La transportul manual, fiecare artificier sau persoană instruită special în acest scop, poate duce maximum 25 kg de materiale explozibile în ambalajele originale ale producătorului, introduse în lăzi sau genți speciale prevăzute cu încuietori.

Materialele explozibile de inițiere vor fi transportate numai de artificieri în genți, separate de explozivii propriu-zişi. Capsele pirotehnice trebuie transportate în cutii de tablă, în interiorul cărora se află fixat un bloc de lemn cu găuri corespunzătoare introducerii lor.

Partea a doua.

LUCRĂRI TEHNICE SUBACVATICE EFECTUATE CU SCAFANDRI



3.

LUCRĂRI SUBACVATICE EFECTUATE LA PLATFORME MARINE OFFSHORE

Având în vedere faptul că marea majoritate a lucrărilor subacvatice aferente platformelor marine offshore necesită efectuarea de observaţii, verificări, operaţii de montaj şi diverse manevre sub apă, scafandrii specializaţi în astfel de activităţi trebuie să aibă cunoştinţe generale privind tipurile de platforme marine, precum şi privind lucrările de instalare a platformelor marine fixe şi lucrările la platformele marine de foraj, cu accent asupra lucrărilor care se efectuează sub apă.

3.1. TIPURI DE PLATFORME MARINE OFFSHORE

După anii ’60, se poate spune că se dispunea de instalaţii şi echipamente cu care se putea fora în orice condiţii, realizându-se în acest scop mai multe tipuri de platforme marine fixe şi mobile.

3.1.1. PLATFORME MARINE FIXE

Platformele marine fixe (fig. 3.1) sunt montate direct pe fundul mării. Acestea pot fi utilizate atât pentru foraj, cât şi pentru exploatare sau producţie, şi pot fi complete sau asistate de tendere (nave–suport). Acest tip de platforme este deosebit de eficient în apă puţin adâncă, dar deosebit de costisitor la adâncimi mai mari. Tipurile mai mici, pentru foraj, sunt integrale (cu toate instalaţiile necesare) sau asistate de un tender.

După terminarea forajului şi punerea în producţie a sondelor, platforma poate rămâne, servind pentru producţie. De asemenea, în mod curent, forajul de explorare se poate face şi cu platforme mobile, dar după ce s-a determinat zăcământul. După efectuarea forajelor de explorare, se instalează una sau mai multe platforme fixe şi de pe ele se sapă o serie de sonde (până la 36 de sonde de pe o platformă).

Platformele fixe pot fi de mai multe tipuri, câteva dintre acestea fiind prezentate în continuare.

3.1.1.1. Platforme marime fixe din zăbrele tubulare

Platformele marine fixe pot fi construite în două variante şi anume *platforme cu zăbrele tubulare* (fig. 3.2) care se mai numesc şi platforme cu tuburi de ghidaj (platforme plate) şi *platforme cu manta* (platforme jacket). Prima denumire se referă la faptul că picioarele platformei servesc ca un ghidaj prin care se bat piloţii în fundul apei şi a doua denumire se referă la construcţia din tuburi de diametru mare a picioarelor prin care se introduc piloţii.

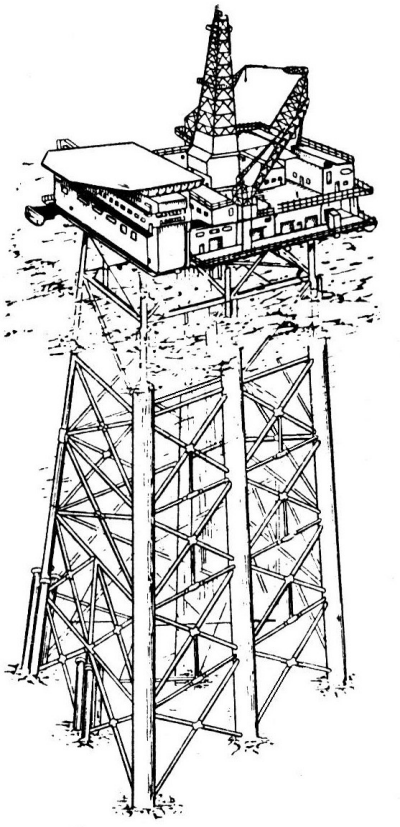


Fig. 3.1. Platformă fixă de foraj şi producţie.

Fig. 3.2. Platformă marină fixă din zăbrele tubulare.

Platforma fixă din zăbrele tubulare este o construcţie spaţială alcătuită din trei părţi principale şi anume: piloţii cilindrici pentru ancorare, construcţia din tuburi din oţel sudate între ele care se ridică de la fundul mării până la o anumită înălţime deasupra suprafeţei apei şi punţile platformei pe care se află instalaţiile.

Piloţii pentru ancorare au diametre variabile, cel mai mare fiind la linia mâlului unde poate atinge un diametru de peste un metru. Diametrul lor determină dimensiunilor picioarelor verticale sau ale mantalei. Numărul picioarelor manta (jacket) legate între ele prin ţevi orizontale şi oblice (zăbrele) depinde în special de mărimea platformei şi poate fi de 4…12 . În general, se stabileşte ca în partea aflată sub apă a platformei, numărul zăbrelelor să fie cât mai mic pentru a se obţine o permeabilitate maximă la trecerea valurilor sau la curenţii marini.

Platformele de tip jacket se construiesc în şantiere navale, pe uscat, şi apoi sunt transportate şi instalate la amplasament. La proiectarea oricărei platforme fixe, trebuie să se ţină seama de caracteristicile amplasamentului marin. În mod obişnuit, platformele fixe sunt utilizate până la adâncimea de 100 m, dar când sunt utilizate şi la exploatare, pot fi amplasate şi pe fund marin aflat la adâncimea de 150 m.

3.1.1.2. Platforme marine fixe tip turn

Platformele marine fixe tip turn (fig. 3.3) au fost construite mai întâi în anul 1963, în S.U.A. ca urmare a cerinţelor foarte stricte impuse de condiţiile climatice aspre din Alaska. Platformele marine fixe tip turn sunt construite cu un număr de 3…

4 picioare care au un diametru exterior de circa 5 m sau chiar mai mult, fiind prevăzute cu pereți dublii. Platformele marine tip turn se construiesc pe uscat şi sunt remorcate pe mare până la amplasament, unde sunt lăsate pe fundul apei prin umplere controlată. Prin picioarele platformei se pot coborâ scafandri până la fundul mării, aceştia putând lucra sub gheață.

Un alt tip de platformă marină tip turn este cea cu un singur picior denumită şi platformă monopod (fig. 3.4). Piciorul are un diametru de circa 9 m şi prin el se pot săpa până la 32 de sonde. La talpa piciorului se află suprafața de sprijin alcătuită din chesoane cu întăriturii din țeavă, iar la periferia ei se bat piloți de fixare.

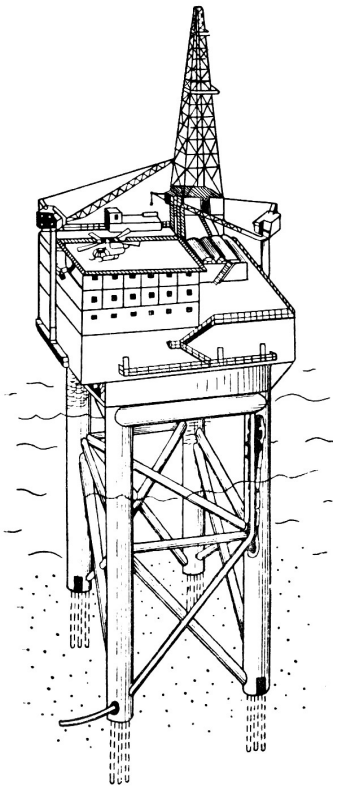


Fig. 3.3. Platformă marină tip turn.

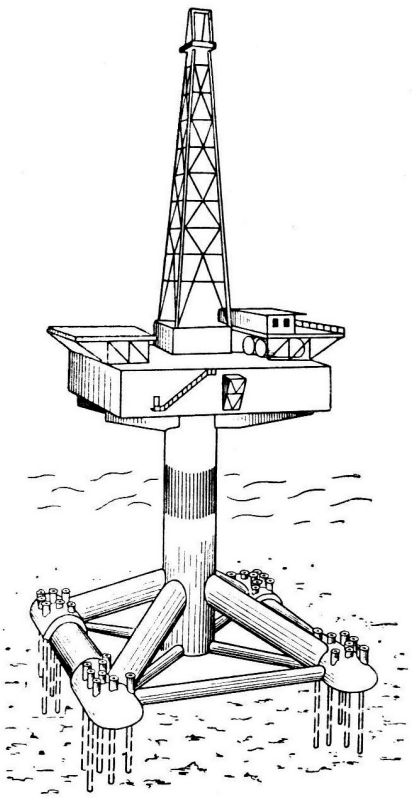


Fig. 3.4. Platformă marină tip turn monopod.

3.1.1.3. Platforme marine fixe din beton de tip structură gravitațională

Construcția de *platforme marine fixe din beton*, *bazate pe greutate*, (fig. 3.5) prezintă o serie de avantaje cum ar fi: rezistență mai bună la coroziune, rezistență mai mare la foc şi rezistență ridicată la oboseală.

Construcția unei platforme marine fixe din beton, bazată pe greutate, diferă după adâncimea apei şi caracteristicile zonei în care se va amplasa. În ape puțin adânci (7...30 m), se instalează platforme pilot goale în interior. Pentru foraj şi producție la adâncimi mari ale apei (chiar mai mari decât adâncimile de utilizare a platformelor marine fixe metalice), s-au conceput platforme grele a căror stabilitate este bazată pe greutatea proprie (pentru adâncimi de apă de peste 200 m).

O astfel de platformă este prevăzută cu 1...4 coloane care, la partea inferioară, au un cheson de formă pătrată în care o serie de pereți interiori îl despart în mai multe

compartimente etanşe, separate unul de altul. Aceste celule creează flotabilitatea necesară în timpul transportului şi, prin inundarea lor controlată, permit imersarea structurii. Chesonul constituie o bază suficient de mare şi grea, astfel că nu mai este necesară baterea de piloni de fixare în fundul mării. De asemenea, chesonul trebuie să fie suficient de rezistent pentru a suporta o aşezare pe un fund de mare neregulat şi suficient de greu pentru ca platforma să reziste la forţele ce se exercită asupra ei.

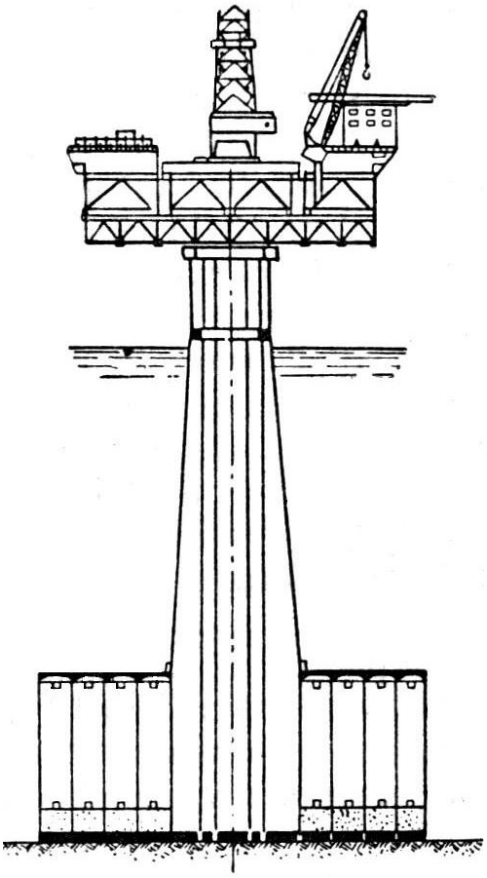


Fig. 3.5. Platformă marină din beton de tip structură gravitațională.

Fig. 3.6. Platformă marină mobilă autoridicătoare .

Un avantaj în plus al acestui tip de platformă marină fixă, îl reprezintă faptul că interiorul gol al coloanei (coloanelor) poate constitui un rezervor pentru stocarea ţiţeiului, capacitatea unei coloane putând ajunge până la un milion de barili.

3.1.2. PLATFORME MARINE MOBILE

Necesitatea existenţei unor unităţi mobile pentru forajul marin, s-a impus încă de la începuturile unor astfel de lucrări. Preţul de cost extrem de ridicat şi timpul îndelungat necesar montării şi demontării unei instalaţii de foraj şi a platformei fixe de pe care se fora, au condus la crearea de instalaţii mobile. Cu ajutorul acestora se poate opera în condiţii bune şi economice. *Platformele marine mobile* pot fi şi ele de mai multe tipuri, cele mai importante fiind prezentate în continuare.

3.1.2.1. Platforme marine mobile autoridicătoare

Utilizarea platformelor mobile autoridicătoare (autoelevatoare) a fost dezvoltată în Golful Mexic de către firmele Offshore şi Le Tourneau. *Platformele mobile autoridicătoare* (fig. 3.6) sunt construite dintr-un corp plutitor etanş, care serveşte şi ca platformă şi din trei sau patru picioare. Pe amplasament, picioarele sunt coborâte, se sprijină pe fund şi ridică platforma deasupra apei. Picioarele sunt alcătuite din grinzi cu zăbrele sau tuburi de diametre mari. În partea inferioară, picioarele se termină prin chesoane de diametre mari pentru a se reduce presiunea de contact pe fund. Picioarele se afundă în teren până ce ajung la o forță portantă suficientă.

În timpul forajului se controlează continuu încărcarea picioarelor pentru a avea o împărțire egală a sarcinii. Picioarele platformelor autoelevatoare pot fi verticale, sau uşor înclinate la platformele cu trei picioare, şi se contruiesc cu secțiune triunghiulară sau pătrată. Manevrarea picioarelor (coborârea şi ridicarea) se face mecanic sau hidraulic. Pentru acționarea mecanică se utilizează sistemul pinion-cremalieră. Pinioanele sunt acționate de motoare electrice, iar cremalierele sunt fixate pe muchiile picioarelor, şi pot fi simple sau duble. Un alt sistem este cel care lucrează discontinuu, ridicarea făcându-se hidraulic sau hidropneumatic.

Momentele cele mai dificile sunt cele de la punerea în amplasament şi scoaterea de pe amplasament a platformei. În timpul forajului, picioarele se pot înfige în fundul mării până la aproximativ 7,5 m şi, de aceea ele se smulg greu din teren. Pentru a se facilita degajarea, la extremitatea inferioară, picioarele sunt prevăzute cu sisteme de lansare de jeturi de apă de înaltă presiune.

Platformele marine autoridicătoare se utilizează pentru adâncimi de până la 106 m.

3.1.2.2. Platforme marine mobile submersibile

Construcția *platformei marine mobile submersibile* a constat, la început, dintr-un corp plutitor pe care era fixată o platformă prin intermediul unor coloane. La locul de amplasare, corpul plutitor era inundat printr-o parte până ce atingea fundul apei şi apoi, continuând inundarea, corpul plutitor se aşeza complet pe fundul apei.

Ulterior, s-a înlocuit corpul plutitor inundabil printr-un sistem de corpuri plutitoare legate împreună care alcătuiau un sistem de țevi şi chesoane, susținând platforma prin coloane de diametru mare (fig. 3.7). Operația de aşezare pe locul de amplasare se face prin inundarea simultană şi controlată a corpurilor plutitoare, astfel ca să se mențină tot timpul o bună stabilitate. La scoaterea platformei de pe locație, se golesc coloanele verticale de apă, până ce întrega structură pluteşte.

Platformele marine submersibile sunt utilizate în prezent pe scară restrânsă, până la o adâncime a apei de maximum 25 m, numărul lor fiind foarte redus.

3.1.2.3. Platforme marine mobile semisubmersibile

În prezent, *platformele marine mobile semisubmersibile* se folosesc, de obicei, atunci când adâncimea apei la locul amplasamentului depăşeşte 100 m, lucrările de foraj nemaiputându-se efectua cu celelalte tipuri de platforme (fixe sau autoelevatoare).

Acest sistem are avantajul că flotoarele se află la o anumită adâncime sub suprafața mării, unde influența valurilor este mult mai redusă. Dezvoltarea platformei

marine semisubmersibile a furnizat stabilitatea necesară forajului pe mare agitată, limitarea impusă de adâncimea apei fiind determinată numai de sistemul de ancorare sau poziționare.

Platformele marine semisubmersibile pot lucra ancorate, dacă adâncimea apei nu depăşeşte 300 m, sau cu poziționare dinamică pe amplasament atunci când adâncimea apei este mai mare de 300 m.

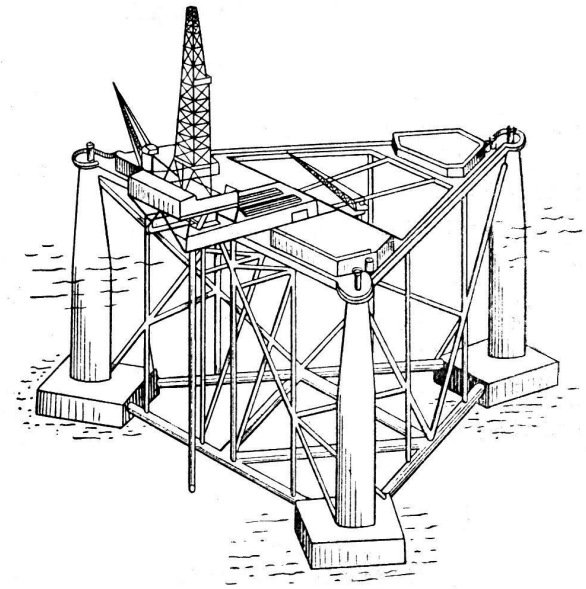


Fig. 3.7. Platformă marină mobilă submersibilă.

Fig. 3.8. Platformă marină mobilă semisubmersibilă.

Platformele marine semisubmersibile sunt cele mai mari, mai grele şi mai scumpe unități de foraj marin mobile. Ele sunt construite din două sau patru corpuri principale de plutire orizontale numite flotoare, aflate în permanență sub nivelul apei (fig. 3.8). În această poziție, platformele semisubmersibile sunt mai puțin influențate de valurile de suprafață şi se obține o mai bună stabilitate. Pentru a se evita dezechilibrarea datorată încărcării neuniforme, atât flotoarele orizontale cât şi coloanele de stabilizare verticale, sunt compartimentate. În interiorul acestora sunt amplasate pompe, care permit transferarea apei dintr-un compartiment în altul, pentru menținerea echilibrului.

La amplasament, platformele semisubmersibile sunt lestate prin inundarea cu apă a unor compartimente. Aproape toate platformele marine semisubmersibile recent construite sunt dotate cu o instalație de propulsie proprie.

3.1.3. PLATFORME MARINE ROMÂNEŞTI

Aflându-se printre țările importante din Europa deținătoare de rezerve de petrol şi gaze naturale, România a trecut şi ea la detectarea şi exploatarea zăcămintelor

petrolifere offshore din platforma continentală a Mării Negre. Necesitatea extinderii extracției petrolului şi a gazelor naturale a determinat şi în România declanşarea operațiunilor de prospectare a zonei economice exclusive din Marea Neagră. În anul 1972 a fost elaborat un program de valorificare a resurselor platformei continentale a Mării Negre, în cadrul Institutului Român pentru Cercetări Marine din Constanța. În cadrul programului s-a studiat elaborarea de echipamente, dispozitive, instalații şi utilaje specifice forajului marin, în paralel cu studierea programelor legate de scufundarea la mare adâncime. La 9 noiembrie 1975 a fost lansată la apă de la şantierele navale din Galați, prima platformă românească de foraj marin "GLORIA" (fig. 3.9). Platforma a fost concepută cu utilaje şi instalații realizate la Galați, Bucureşti, Reşița, Timişoara, Bârlad, Câmpina, Oradea, Roman, Cluj-Napoca, Ploieşti şi Arad şi şi-a început activitatea de foraj la 16 septembrie 1976, la o distanță de 72 Mm în largul Mării Negre, la o adâncime maximă a apei de 90 m.

Au fost construite apoi şi alte platforme de foraj marin: "ORIZONT", "PROMETEU", "FORTUNA", "ATLAS", "JUPITER" şi "SATURN".

S-au efectuat sute de foraje, pentru ca la 7 mai 1987 ora 16:45 să fie penetrat zăcământul petrolifer marin care a fost exploatat de Petromar – Constanța.

Platforma de foraj marin "GLORIA" este o platformă autoridicătoare care are patru picioare cu zăbrele din material tubular.

Platformele autoridicătoare (jack-up) româneşti au fost construite la Şantierele Navale din Galați, fiind concepute şi dimensionate pentru următoarele condiții de lucru: adâncimea medie a apei de 90 m, amplitudinea maximă a valurilor de 12 m, perioada valurilor de 10 s, viteza maximă a vântului (nu mai mult de 1 minut) de 164 km/h, sarcina maximă pe un picior de 2300 tf; pătrunderea maximă a picioarelor în mâl este de 6 m, iar lungimea acestora este de 121,9 m.

Toate lucrările submarine la aceste platforme de foraj marin româneşti au fost efectuate cu scafandrii Centrului de Scafandri Constanța.

Fig. 3.9. Platforma marină "GLORIA".

3.2. LUCRĂRI DE INSTALARE A PLATFORMELOR MARINE FIXE. ACTIVITĂȚI SPECIFICE SCAFANDRILOR

Majoritatea structurilor instalate în mediul marin offshore sunt platforme fixe din zăbrele tubulare, utilizate atât pentru producție cât şi pentru foraj. Platformele de tipul jacket se construiesc în şantiere navale şi apoi sunt transportate cu un şlep cu punte orizontală. Jacket-ul poate avea o greutate de mai multe mii de tone-forță. Platforma poate fi amplasată pe locația aleasă urmărind realizarea unor etape prezentate în continuare. La toate lucrările subacvatice aferente operațiunilor de amplasare şi instalare a platformelor marime fixe participă şi scafandrii, activitățile lor sub apă fiind specifice fiecăreia dintre etapele aferente unor astfel de lucrări. Se transportă platforma până la amplasament şi aici este ridicată de una sau două macarale plutitoare, apoi este adusă în poziție verticală şi lăsată pe fundul mării (fig. 3.10). O parte dintre picioarele platformei marine sunt construite ca fiind şi corpuri de plutire, platforma fiind adusă în poziție verticală prin umplerea cu apă, după un anumit program, pentru a da platformei flotabilitatea negativă necesară fixării pe fund.

Scafandrii trebuie să verifice mai întâi dacă pe fundul mării, la locul amplasamentului, nu se află conducte submerse sau alte obstacole.

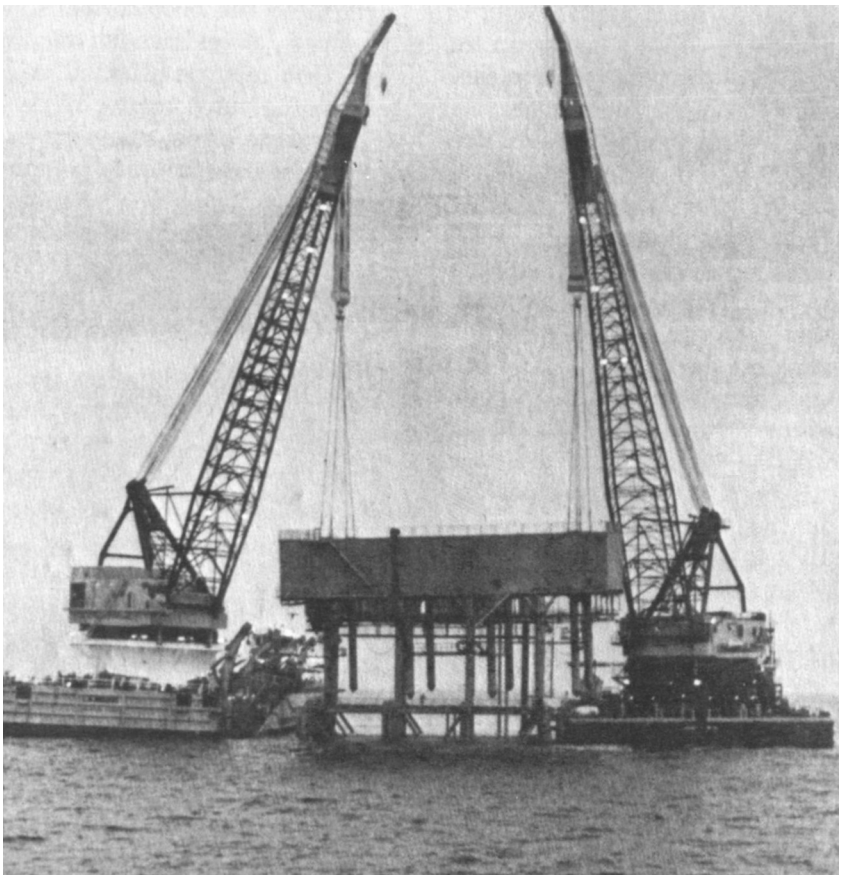


Fig. 3.10. Montarea unui jacket cu ajutorul a două macarale plutitoare.

Pentru umplerea cu apă a mantalei, structura este prevăzută în interior, la partea inferioară, ataşate de fiecare picior, cu conducte având un diametru de 50...100 mm. Aceste conducte sunt prevăzute cu câte o vană situată la nivelul primelor ţevi orizontale ale mantalei. Atunci când manevrează aceste vane, scafandrul trebuie să se poziţioneze în spatele acestora, datorită presiunii mari de absorbţie care se formează şi care creşte o dată cu creşterea adâncimii apei.

Structura din tuburi de oţel şi picioarele ei verticale se utilizează ca ţevi de ghidare prin care se bat în solul de pe fundul apei piloţii de ancoraj. Adâncimea de introducere în teren a piloţilor depinde de natura fundului submarin. Pentru a se determina aceasta, se iau carote de teren. Dacă fundul este moale, piloţii pot fi bătuţi până la o adâncime de 100 m sub fundul mării. Pe fundurile stâncoase este nevoie să se foreze găuri şi piloţii să se cimenteze în găurile forate. Cimentarea se face prin intermediul unor furtunuri conectate la conductele ataşate de picioare şi prin care se pompează ciment de la suprafaţă până la umplerea spaţiului inelar din jurul mantalei. În timpul acestei operaţiuni scafandrii trebuie să ţină sub observaţie fiecare vană şi să comunice la suprafaţă momentul apariţiei cimentului, după care închid vana. De asemenea, scafandrii trebuie să ia o probă de ciment pentru a fi analizată la suprafaţă de către personalul specializat.

De pe un jacket instalat la o platformă de foraj marin, este necesară efectuarea mai multor foraje deviate pentru o exploatare cât mai raţională. Pentru aceasta, se instalează între picioarele jacket-ului un template cu 9...12 posibilităţi de penetrare şi foraj. Scafandrii ghidează tuburile prin găurile templet-ului.

Pentru executarea în bune condiţii a operaţiilor de instalare a unui jacket, este necesar ca scafandrii să se antreneze în prealabil la executarea unor astfel de activităţi subacvatice. Repetarea acestor activităţi conduce la omogenizarea pregătirii echipei de scafandri şi la crearea unor automatisme necesare unor astfel de operaţii.

3.3. LUCRĂRI SUBACVATICE LA PLATFORMELE MARINE OFFSHORE DE FORAJ. LUCRĂRI SPECIFICE CU SCAFANDRI

Forajul reprezintă o tehnologie de un înalt nivel tehnic care necesită sute, sau poate chiar mii, de unelte, instalaţii şi utilaje şi care foloseşte o serie întreagă de tehnici diferite. Cunoaşterea unor procese elementare ale forajului marin, sunt absolut necesare pentru a ajuta scafandrii să înţeleagă diversele activităţi pe care le pot efectua atunci când se forează un puţ folosind metoda forajului marin.

În cazul forajului marin, pe platformele marine de foraj nu se dispune de un spaţiu suficient montării instalaţiilor, urtilajelor, rampelor şi baracamentelor. Trebuie găsite soluţii optime de montare a echipamentelor, de stabilire a depozitelor şi de delimitare a spaţiilor necesare repartizării personalului.

Echipamentul pentru forajul marin se compune, în principal, din platforma de foraj, instalaţia de foraj, sistemul marin de amenajare a gurii puţului şi dispozitivele auxiliare.

3.3.1. DESCRIEREA INSTALAȚIEI DE FORAJ MARIN

În cadrul instalației de foraj marin, una dintre principalele componente ale acesteia, este *turla* (fig. 3.11). Aceasta este de tip piramidal, având o înălțime de peste 40 m, suficientă pentru lungimea garniturii de foraj care este alcătuită din trei prăjini de foraj. În partea superioară a turlei se află coroana şi geamblacul prin ale cărui role şi ansamblu de scripeți trece cablul de foraj care se conectează cu *macaraua-cârlig* (fig. 3.12) pentru acționarea manevrelor de introducere–extragere ale garniturii de foraj în gaură şi pentru manevrarea celorlalte sisteme ale gurii puțului (prevenitor de erupții, cap de erupție). Troliile sunt acționate de două sau trei motoare electrice.

Fig. 3.11. Turla unei instalații de foraj marin.

Fig. 3.12. Macara – cârlig.

De macaraua-cârtlig este ataşată o piesă extrem de grea (650 tf) numită *cap hidraulic* (fig. 3.13). Acesta este utilajul ce face legătura dintre partea fixă a sistemului de manevră şi garnitura de foraj. Capul hidraulic este cuplat cu o prăjină de foraj, de formă pătrată, numită prăjină de antrenare, iar sub aceasta se află ataşat restul garniturii de foraj. La capătul acesteia este sapa de foraj. La bază şi în centrul turlei se găseşte *masa rotativă* (fig. 3.14). Acesta este utilajul care imprimă mişcarea de rotație garniturii de foraj. Este prevăzută cu o mandrină prin intermediul căreia se cuplează cu prăjina de antrenare transmițându-i acesteia o mişcare rotativă şi permițându-i, în acelaşi timp, efectuarea unei mişcări verticale în sus şi în jos.

Garnitura de foraj este suspendată de macaraua-cârlig fiind coborâtă în mod progresiv, pe măsură ce forajul înaintează. La fiecare 10 m de înaintare în puțul forat, garniturii de foraj i se adaugă încă o lungime de prăjină de foraj, care este montată sub prăjina de antrenare. Atunci când sapa de foraj trebuie înlocuită, întreaga garnitură de foraj trebuie extrasă din puț. Orice operațiune de foraj necesită atât lubrifiere cât şi

îndepărtarea materialului forat (detritus). Aceasta se realizează prin pomparea şi recircularea la suprafață, în mod constant, a unui fluid de foraj prin intermediul unei piese a capului hidraulic şi, apoi, prin țeava de spălare, în interiorul prăjinilor de foraj şi al orificiilor de circulație cu care este prevăzută sapa de foraj.

Fig. 3.13. Cap hidraulic.

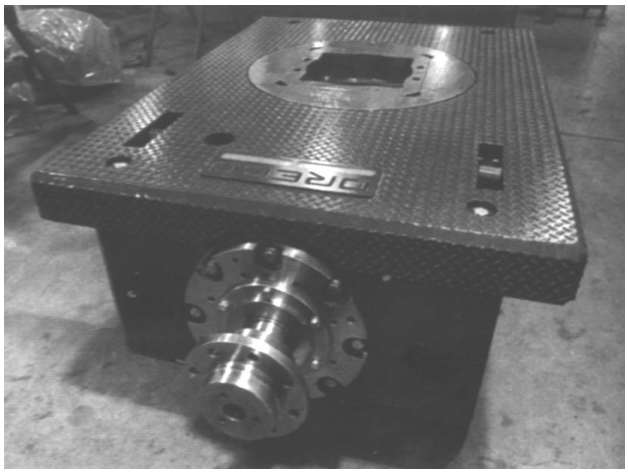


Fig. 3.14. Masă rotativă cu bucşe de rotire.

Necesitatea de a avea instalații de foraj cât mai eficiente şi mai sigure, a condus la utilizarea pe aceste unități a multor aparate de măsură şi control a parametrilor de foraj precum şi a unor instalații şi echipamente complementare cum ar fi echipamentele complete de scufundare inclusiv barocamerele pentru scafandri, puntea pentru elicopter, sistemele speciale de detectare şi combatere a incendiilor etc.

Aprovizionarea cu materiale şi echipamente se face de regulă cu *nave speciale de aprozivionare* (fig. 3.15) ce au concentrate în față, la prova, toate părțile active (motoare, timonerie, aranjamente pentru personal), restul vasului fiind o punte neîntreruptă pe care se încarcă materialul tubular, sub punte existând magazii pentru materiale şi rezerve de combustibil.

Fig. 3.15. Navă specială pentru aprovizionare cu materiale şi echipamente necesare forajului marin..

3.3.2. LUCRĂRI LA SISTEMUL SUBMARIN DE AMENAJARE A GURII PUȚULUI

Forajul marin nu se deosebeşte, în principal, de forajul pe uscat, însă presupune o serie de modificări ale instalațiilor de la gura puțului, pentru a corespunde condițiilor de foraj marin. În principiu, platformele fixe şi unitățile mobile sprijinite pe fundul mării (semisubmersibile, autoelevatoare), utilizează echipamentele convenționale pentru gura puțului, precum şi ansamblurile de prevenitoare convenționale montate la suprafață. Diferențele în echipament şi metodă între forajul submarin şi cel efectuat pe uscat, sunt datorate faptului că operațiunile şi controalele ce se fac direct şi manual pe uscat, se fac prin comandă de la distanță în cazul forajului marin.

Înainte de începerea forajului, se aşează pe fundul mării o placă grea (template) de forma unei cutii metalice umplute cu beton, de la care se extind până la suprafață patru cabluri de ghidare. În centru, placa are o gaură dublu conică (fig. 3.16).

La începerea forajului unei sonde marine este necesară introducerea prin template a unei coloane numită conductor de 30...60 m şi cu diametrul de 30...36 țoli sub linia noroiului, având rolul de a susține gaura puțului şi de a împiedica surparea acesteia. Coloana conductor este alcătuită din mai multe țevi simple, fără filet, de 15...18 m lungime fiecare, ce se sudează între ele, într-o coloană continuă.

Pentru introducerea conductorului se poate utiliza una dintre următoarele metode: jetisonarea (circulația forțată pe la partea inferioară a coloanei), bătaia cu berbece mecanic, sau forarea unei găuri în care se tubează conductorul. Ultima metodă fiind procedeul cel mai des utilizat, în continuare se prezintă succesiunea operațiilor aferente acestei metode. Se formează garnitura de foraj pentru a se săpa o gaură de 17,5 țoli sau 26 țoli şi se montează cadrul de ghidare în jurul garniturii de foraj. Se sapă gaura cu reîntoarcerea fluidului de foraj pe fundul mării. Se repetă operația până ce se lărgeşte gaura la 96 țoli (pentru un conductor de 30 țoli). După ce gaura a fost săpată până la adâncimea necesară şi lărgită până la diametrul dorit, se începe introducerea conductorului şi a cadrului de ghidare. Pentru aceasta se ridică în turlă partea inferioară a conductorului de 30 țoli, se montează cadrul de ghidare pe coloana conductor şi pe cablurile provizorii de ghidare şi se leagă cablurile pentru ghidajul permanent la cadrul conductor (fig. 3.17).

După ce se introduce în gaură o lungime de coloană conductor suficientă pentru a tuba gaura de linia noroiului până la fundul găurii săpate, se montează inelul care se sprijină pe cadrul de ghidaj şi care este solidarizat cu mufa capului de lansare. Deasupra se fixează mufa capului de lansare, se formează țeava de cimentare a garniturii de foraj şi se înşurubează în capul de lansare. Se îmbină cepul capului de lansare cu mufa. Se coboară conductorul de 30 țoli, capul de lansare şi cadrul cu prăjinile de foraj şi se aşează pe placa bazală aflată pe fundul mării. Un indicator de înclinare montat pe baza de ghidare este observat cu ajutorul scafandrului. Cadrul având suprafața de reazem de formă semisferică, ansamblul coloanei conductor se sprijină în conul plăcii bazale, iar coloana conductor este împinsă în gaura forată. Se pompează apoi ciment prin prăjinile de foraj. Cimentul este împiedicat să se întoarcă la suprafață cu ajutorul unui ventil de reținere aflat la baza conductorului, fiind astfel forțat în sus şi la exteriorul conductorului. Înapoierea fluidelor de cimentare este

observată pe fundul mării de către scafandri. Cimentarea trebuie să fie suficient de stabilă pentru a suporta greutatea mare a tubajului (coloana montantă), a prevenitorului de erupții, forțele verticale ale cablurilor de ghidare, forțele laterale ale garniturii de foraj şi ale coloanei montante datorate oscilațiilor platformei.

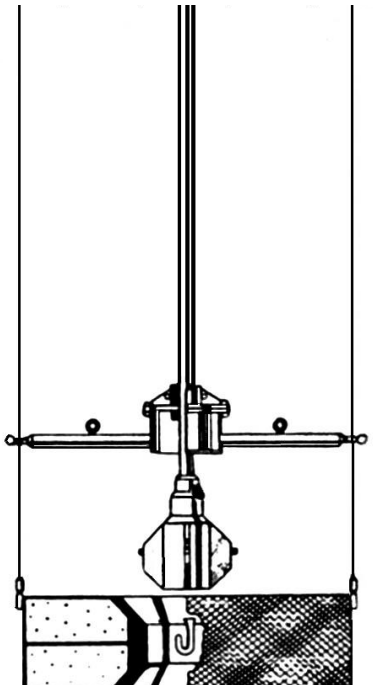


Fig. 3.16. Introducerea plăcii de bază cu prăjinile de foraj.

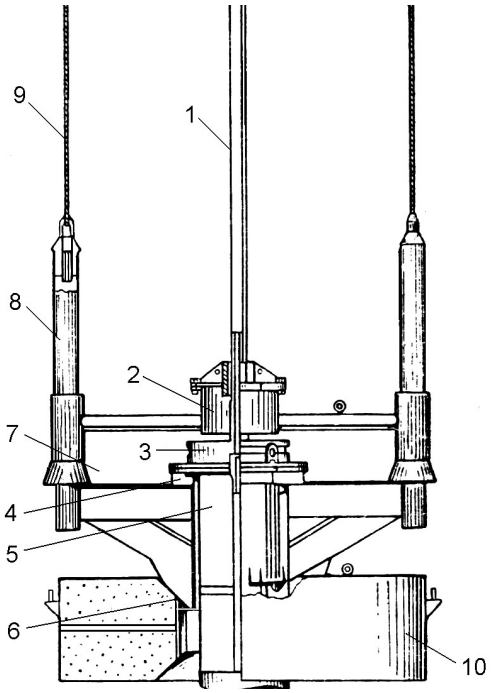


Fig. 3.17. Bază de ghidare: 1– prăjini de foraj; 2– cap de lansare; 3– mufa capului de lansare; 4– inel de sprijin; 5– burlane; 6– suprafața de sprijin; 7– cadru de ghidare; 8– stâlpi de ghidare; 9– cabluri de ghidare; 10– placa bazală.

Se procedează apoi la deşurubarea capului de lansare. Se ridică prăjinile până ce țeava de cimentare este puțin sub mufa capului de lansare şi se circulă pentru a spăla surplusul de ciment, după care se extrage garnitura de prăjini. Se leagă cablurile de ghidaj la sistemul de tensionare al cablurilor de ghidaj, lăsându-l puțin slăbit, apoi sunt degajate de la placa bazală prin tragere forțată, retezându-se bolțurile de reținere.

În timpul aşteptării pentru întărirea cimentului, se ataşează cablurile de ghidaj permanente ce leagă instalația de bază de ghidare cu ajutorul scafandrilor.

Deasupra conductorului se montează capătul de coloană sau capătul de sondă. Acesta este alcătuit din mai multe coloane, prima având un diametru de 20 țoli ce se introduce în coloana conductor şi se etanşează la linia de noroi. Coloana de 20 țoli a capătului de coloană va prelua total sau parțial greutatea celorlalte coloane.

Coloana de 20 țoli se introduce tot cu prăjinile de foraj. Deoarece aceasta are un diametru mare, pentru ca cimentul să nu se contamineze în timpul deplasării prin coloană, cimentarea se face printr-o garnitură de țevi ce se înşurubează în capul de lansare al acesteia. Cimentul în exces pompat în spatele coloanei, iese în apă printr-o serie de caneluri prevăzute în mufa capului de lansare, fiind observat de către scafandri. Deasupra capătului de coloană se aşează o piesă numită receptacol sau habă

care este prevăzut cu un conector, iar peste acesta se coboară şi se montează ansamblul de prevenitoare şi coloana montantă ca un bloc, utilizând pentru centrare cablurile de ghidare legate de cadrul aşezat pe placa bazală (fig. 3.18).

Legătura ansamblului de prevenitoare cu capul de coloană şi a coloanei montante cu prevenitoarele se face prin conectoarele acționate hidraulic.

În mod asemănător se introduc în continuare şi celelalte coloane ce alcătuiesc capătul de coloană de la gura puțului respectiv de $13^{3}/_{8}$ țoli, $9^{5}/_{8}$ țoli şi de 7 țoli.

În figura 3.19 se prezintă un cap de coloană complet peste care s-a pus un capac pentru cazul în care s-a terminat de săpat sonda şi urmează a fi pusă în producție, prin amplasarea unei platforme fixe. În locul capului de protecție, se poate pune un cap de erupție pentru punerea în producție.

În cazul în care adâncimea apei este mai mică, coloanele capătului de sondă nu se cimentează ci sunt suspendate la linia noroiului. În acest caz, coloanele se extind până la suprafață, pe platformă, unde se face legătura între coloane şi instalația de foraj (fig. 3.20). La partea inferioară a habei se află baza de ghidare care, împreună cu capătul de coloană alcătuiesc gura puțului. Baza de ghidare este prevăzută cu patru stâlpi de ghidare care au un diametru de 8 țoli, lungimea de 3...6 m şi cu doi stâlpi adiționali pe care se montează o cameră TV pentru monitorizare. De fiecare din cei patru stâlpi este agățat un cablu de ghidare cu diametrul de 16...19 mm care este legat la suprafață, pe platformă, la sistemul de tensionare a cablurilor de ghidare. Aceste cabluri sunt utilizate pentru ghidarea la gura puțului a ansamblului de prevenitoare, a coloanei montante sau a altor echipamente submarine.

Deasupra capătului de coloană şi a conductorului, se coboară şi se montează ansamblul de prevenitoare, folosind cablurile de ghidare. Prevenitoarele utilizate la forajul marin sunt prevenitoare hidraulice, la fel cu cele utilizate la forajul pe uscat.

Se utilizează ansamble de 3...5 prevenitoare care pot cuprinde: prevenitor inelar, trei prevenitoare cu bacuri pentru prăjini şi unul cu bacuri oarbe pentru închidere totală, aranjate în general ca în figura 3.21. În general, ansamblul poate avea înălțimea de 8 m şi greutatea de 54 tf, însă unele tipuri pot avea 12 m înălțime şi greutatea de 180 tf. Presiunea de lucru este de aproximativ 350 bar. Ansamblul de prevenitoare are un diametru de trecere mare care poate fi de $13^{5}/_{8}$ țoli, $16^{3}/_{4}$ țoli sau $18^{3}/_{4}$ țoli. Ansamblele de prevenitoare utilizate la forajul marin, pentru uşurința manevrării, sunt realizate ca un bloc rigid în interiorul unui cadru de ghidare.

Ultimul prevenitor de la partea inferioară are un conector hidraulic cu care se prinde de capul de coloană şi un alt conector tot hidraulic care se află deasupra prevenitorului inelar aflat la partea superioară, pentru legătura cu coloana montantă.

După ce ansamblul de prevenitoare a fost montat, se face testarea la presiune a conectorului prin pomparea fluidului prin garnitura de foraj.

În acelaşi cadru de ghidare, se află şi conducta de ieşire a noroiului la duză, conducta de omorâre a sondei, precum şi dispozitivele de acționare a prevenitoarelor cât, şi deseori, acumulatoarele de fluid sub presiune.

Toate dispozitivele şi ventilele aflate în ansamblu trebuie acționate de la suprafață. Pentru acționarea acestora, ansamblul de prevenitoare este prevăzut, la partea superioară, în interiorul cadrului de ghidare, cu un sistem de acționare şi control hidraulic, montat pe un ansamblu numit valvă-pilot sau păstaie.

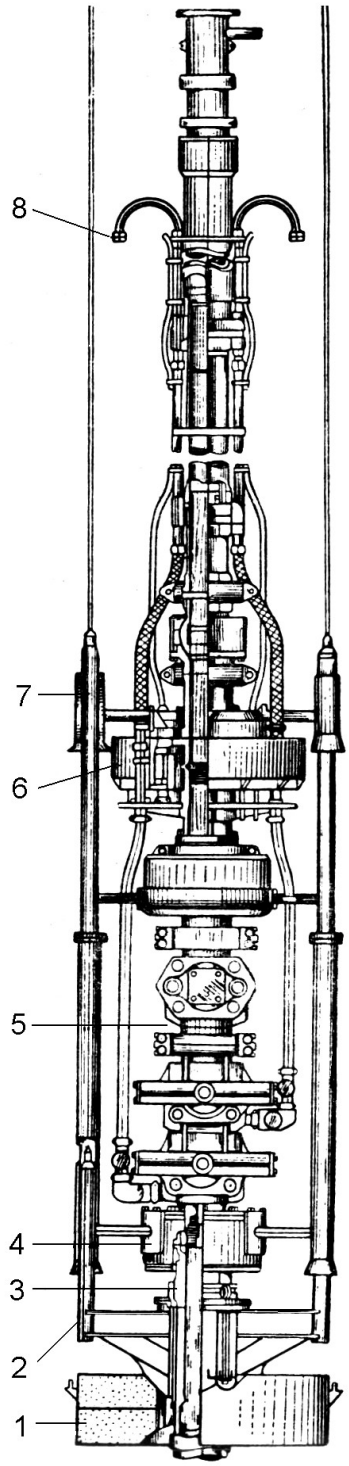


Fig. 3.18. Instalarea prevenitoarelor şi a coloanei montante (riser): 1– placa bazală; 2– cadru de ghidare; 3– coloană; 4– conector; 5– ansamble de prevenitoare; 6– conector; 7– ansamblu de ghidare; 8– furtunuri hidraulice.

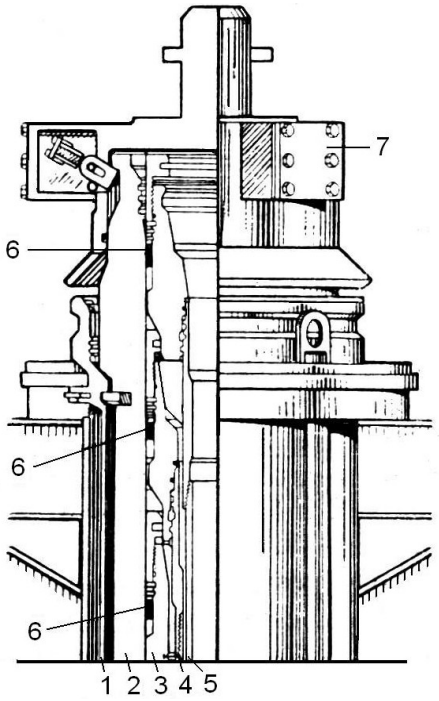


Fig. 3.19. Cap de coloană complet asamblat: 1– conductor 30"; 2– coloană 20"; 3– coloană $13^{3}/_{8}$"; 4– coloană $9^{5}/_{8}$"; 5– coloană 7"; 6– etanşări; 7– capac.

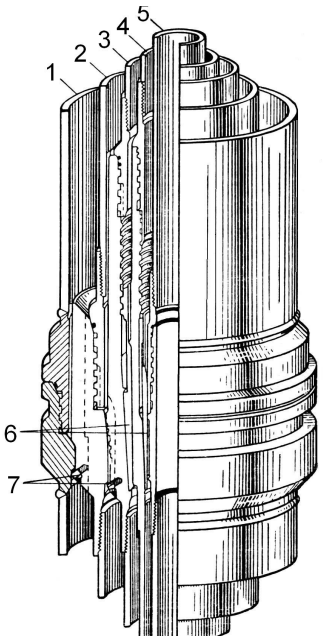


Fig. 3.20. Ansamblu de suspendare la linia de noroi: 1– conductor 30"; 2– coloană de suprafaţă 20"; 3– coloană intermediară $13^{3}/_{8}$"; 4– coloană intermediară $9^{5}/_{8}$"; 5– coloană de exploatare 7"; 6– cupe de suspensie; 7– dispozitiv de blocaj.

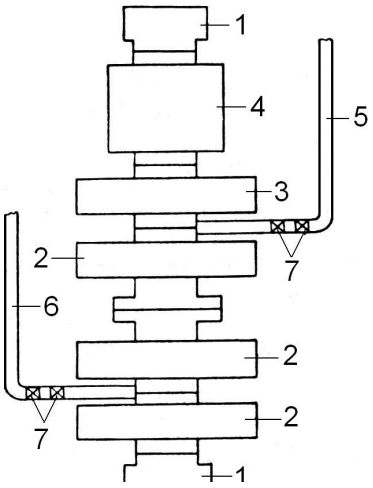


Fig. 3.21. Schema ansamblului de prevenitoare de erupție: 1– conectoare; 2– bacuri etanşare; 3– bacuri forfecare; 4– prevenitor inelar; 5– conductă la duză (ieşire); 6– conductă de omorâre; 7– ventile cu închidere automată.

În acest mod este necesar un singur circuit pentru pomparea fluidului de presiune şi circuite de secțiune mai mică pentru comanda valvelor-pilot. Acest furtun compus este susținut de un cablu electric (fig. 3.22). Valvele-pilot sunt montate într-un ansamblu solidar cu furtunele ce transmit fluidele. Acest cap este coborât ghidat şi se cuplează cu alt cap fixat pe cadrul prevenitoarelor prin intermediul unor cepuri prin care circulă fluidul ce acționează prevenitoarele.

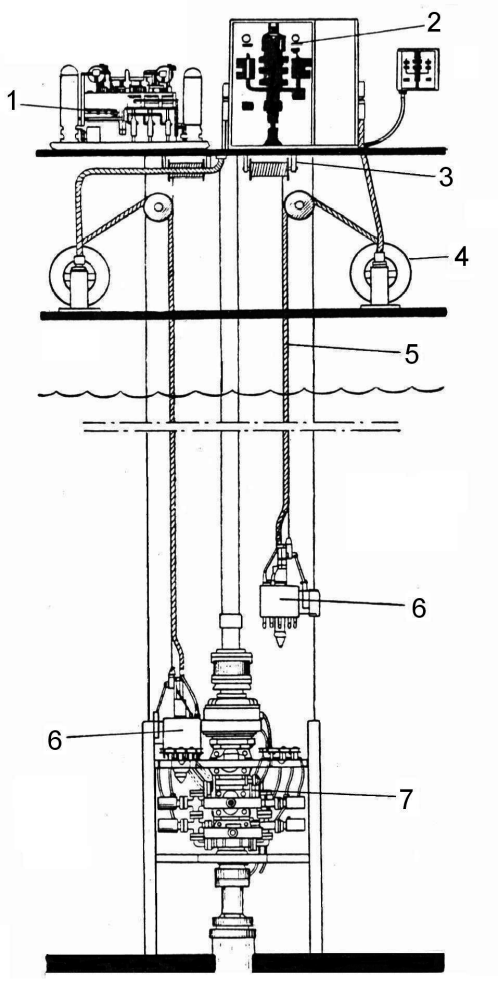


Fig. 3.22. Sistem de acționare indirectă a prevenitoarelor de erupție: 1– grup pompă + + acumulatoare; 2– tablou de comandă; 3– troliu pentru cablu electric; 4– troliu pentru furtun hidraulic; 5– fascicul de acționare; 6– ansamblul valvelor pilot (păstaia); 7– ansamblu de prevenitoare.

Acest sistem prezintă totuşi unele dezavantaje cum ar fi diametrul mare al mănunchiului de furtunuri (114,3 mm), sau al tobei de înfăşurare. De aceea, pentru adâncime de apă mai mare de 50 m, s-a dezvoltat sistemul de comandă electrohidraulic. La acest sistem, semnalul de control la valva-pilot se face electric. Semnalele electrice sunt transformate în semnale hidraulice de valve solenoide montate în partea recuperabilă a ansamblului de control submarin. Pentru a se menține dimensiunea solenoizilor şi necesarul de putere cât mai mici, se utilizează valve submarine mici acționate de solenoizi ce acționează valve-pilot hidraulice.

Întreaga operație de foraj se efectuează prin interiorul ansamblului de prevenitoare de erupție, care are rolul de a împiedica propagarea spre suprafață a unei eventuale erupții de gaz sau țiței din timpul forajului. Oprirea erupției se realizează prin acționarea bacurilor de etanşare pe prăjinile de foraj, sau cu bacuri de forfecare pentru a închide gura puțului. Toate aceste bacuri sunt interschimbabile (fig. 3.23).

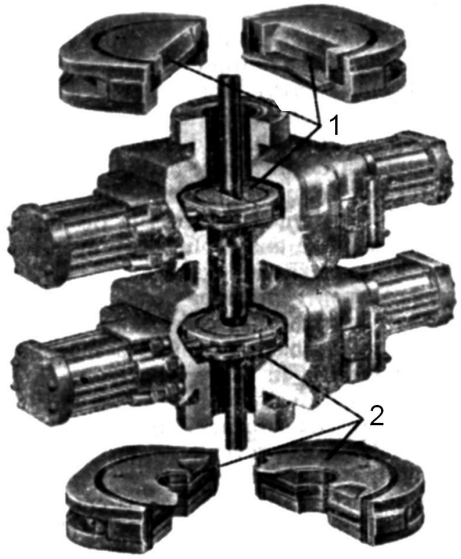


Fig. 3.23. Prevenitor de erupție cu bacuri: 1– bacuri de forfecare; 2– bacuri de etanşare pe prăjină.

Fig. 3.24. Cap de erupție.

Deasupra ansamblului de prevenitoare, făcând legătura cu instalația de foraj, se montează o coloană numită coloană montantă sau riser ce are următoarele funcțiuni: constituie o cale de înapoiere a noroiului până la instalația de foraj; permite accesul în gura sondei şi asigură sprijin pentru prăjinile de foraj. Un sistem de coloană montantă include segmentele din tuburi ale coloanei având la bază un conector şi o articulație sferică, iar sus o îmbinare telescopică şi sistemul de tensionare. Îmbinarea telescopică are rolul de a compensa mişcările platformei şi este alcătuită dintr-un tub interior care este legat de platformă mişcându-se o dată cu aceasta şi dintr-un tub exterior care face parte integrantă din coloană. Pe tubul exterior se montează şarniere pentru sistemul de tensionare al coloanei, pentru conducta de omorâre a sondei şi pentru cea care merge la duză. Pentru un ansamblu de prevenitoare de $13^{5}/_{8}$ țoli, se utilizează o coloană

montantă cu diametrul exterior de 16 țoli şi cu grosimi de perete de $^{3}/_{8}$ țoli şi $^{7}/_{16}$ țoli. Dacă se instalează un ansamblu de prevenitoare submarine de $16^{3}/_{4}$ țoli, coloana montantă va avea dimensiunea de $18^{5}/_{8}$ țoli, iar pentru prevenitoarele de $18^{3}/_{4}$ țoli, coloana montantă va fi de 20 țoli.

Pentru tensionarea coloanei montante se utilizează două sisteme: un sistem cu contragreutăți şi un sistem hidropneumatic. Sistemul cu contragreutăți nu se mai utilizează, fiind mai puțin eficient. Sistemul de tensionare hidropneumatic este utilizat şi pentru introducerea şi conectarea ansamblului de prevenitoare la capul de coloană submarin.

Dacă rezultatele forajului au fost satisfăcătoare, se procedează la îndepărtarea platformei de foraj mobile, după care se montează o platformă fixă pentru extracție cu utilaje specifice, iar tubajul se prelungeşte până la suprafață unde se montează capetele de erupție care pot fi într-un număr mare, numărul acestora depinzând de numărul sondelor forate de pe aceeaşi platformă (fig. 3.24).

Dacă completarea capului de sondă se face pe fundul apei, se procedează la îndepărtarea prevenitorului de erupție şi înlocuirea acestuia cu un cap de erupție care se montează cu acelaşi tip de conector hidraulic sau mecanic. Capetele de erupție sunt asemănătoare cu cele folosite pe uscat, dar sunt prevăzute, în plus, cu un ventil de siguranță montat în capul de erupție având rolul unui ventil principal şi cu o conductă de curgere a produsului care are un diametru de 1...4 țoli. Pe această conductă de curgere se află piloți monitori care controlează schimbările de presiune şi care sunt conectați cu ventilul printr-o conductă de joasă presiune. Dacă presiunea normală a capului de erupție se modifică, piloții închid automat ventilul de siguranță. Pentru mai multă siguranță se montează şi un ventil submarin manual pe conducta de la gura puțului la platformă, manevrat de scafandri.

Capetele de erupție se construiesc pentru presiuni de 70, 140, 210, 350, 700 şi 1050 bar. Pentru debite mai mici, capetele de erupție se construiesc cu un singur braț, iar pentru debite mari se construiesc cu două brațe. Capul de erupție se montează pe flanşa de la gura puțului în mod etanş, printr-o garnitură din oțel.

De la platformă, țițeiul sau gazul este fie pompat printr-o conductă submarină direct la țărm la un depozit, fie este colectat într-un rezervor special fix sau plutitor aflat în apropierea platformei şi de la care se încarcă apoi navele petroliere.

3.3.3. ECHIPAMENTE AUXILIARE AFLATE ÎN DOTAREA PLATFORMELOR DE FORAJ MARIN. INSTALAȚII HIPERBARE PENTRU SCUFUNDARE

Instalațiile de foraj marin moderne sunt dotate cu diverse aparate, instalații şi dispozitive auxiliare, printre cele mai întâlnite fiind instrumentele pentru obținerea de date, instalațiile de televiziune submarină şi instalațiile hiperbare pentru scafandri cu echipamentele aferente.

Instrumentele pentru obținerea de date sunt utilizate pentru măsurarea unor parametri hidrometeorologici cum ar fi înălțimea valurilor, direcția şi viteza vântului, viteza curentului, adâncimea senzorului de curent, precum şi pentru determinarea parametrilor strict necesari siguranței platformei cum ar fi tangajul, ruliul, poziția unității de foraj, unghiul coloanei montante şi tensiunea de ancorare. Datele înregistrate sunt analizate de un computer.

Instalaţia de televiziune submarină este practic indispensabilă pentru urmărirea operaţiunilor de foraj marin. Camera de televiziune este montată pe un cadru uşor din material tubular cu care se coboară pe fundul mării. Cadrul este ghidat de un cablu din sistemul de ghidare sau de un cablu separat. Pe acelaşi cadru sunt fixate şi proiectoarele pentru iluminare. Camera de televiziune este utilizată în special pentru monitorizarea operaţiunilor de foraj şi pentru observarea unor eventuale scurgeri ale prevenitoarelor de erupţie.

Instalaţiile hiperbare pentru scafandri şi echipamentele de scufundare specifice sunt, de asemenea, indispensabile pe platformele de foraj marin fixe sau mobile. De aceea, pe multe unităţi de foraj se află instalate în permanenţă instalaţii şi echipamente complete de scufundare (în general instalaţii pentru scufundări unitare cu alimentare de la suprafaţă), instalaţiile fiind prevăzute cu barocamere de compresie-decompresie a scafandrilor şi cu turele închise presurizabile, sau numai cu turele deschise pentru coborârea şi ridicarea scafandrilor (fig. 3.25), sau chiar cu sisteme complete de scufundare în saturaţie, aşa cum este sistemul prezentat în figura 3.26.

Fig. 3.25. Paner pentru coborârea şi ridicarea scafandrilor.

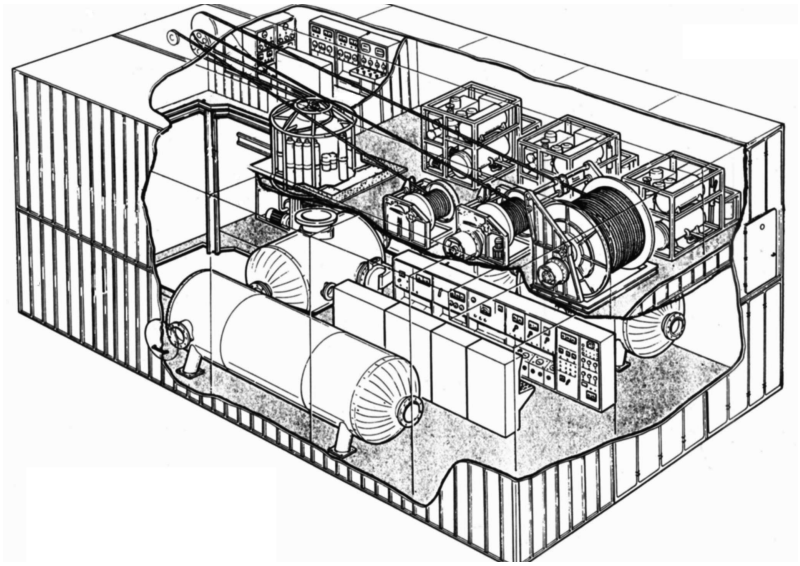


Fig. 3.26. Sistem complet de scufundare la mare adâncime ce poate fi instalat pe o platformă offshore.

3.4. EXEMPLE DE LUCRĂRI SUBACVATICE CU SCAFANDRI LA PLATFORMELE ŞI INSTALAŢIILE DE FORAJ MARIN

Lucrările sub apă la platformele şi instalaţiile de foraj marin, în care sunt folosiţi scafandri, sunt variate.

Astfel, în cazul lucrărilor de instalare a platformelor marine fixe, scafandrii vor efectua o serie de activităţi şi operaţii subacvatice dintre care pot fi enumerate:

- verificarea existenţei pe fundul mării, la locul amplasamentului platformei, a unor conducte sau a unor obstacole de altă natură;

- manevrarea vanelor de pe conductele de umplere cu apă a mantalei, ataşate fiecărui picior al platformei;
- ținerea sub observație a vanelor de pe conductele prin care se pompează cimentul pentru cimentarea piloților în găurile forate, urmărindu-se momentul apariției cimentului;
- închiderea vanelor de pe conductele de alimentare cu ciment pentru cimentarea găurilor forate în momentul apariției cimentului;
- ghidarea tuburilor prin găurile templat-ului, între picioarele jacket-ului instalat la o platformă de foraj marin.

Înainte ca platforma de foraj marin (fixă sau mobilă) să fie instalată pe poziție, scafandrii efectuează operațiunea de inspectare a fundului mării pentru ca acesta să nu prezinte neregularități şi obstacole pentru a se putea fixa picioarele unei platforme fixe sau balasta o platformă semisubmersibilă.

În timpul lucrărilor de amorsare a operațiunilor de foraj marin, scafandrii efectuează diverse activități subacvatice cum ar fi:

- instalarea bazei permanente de ghidare;

- instalarea cablurilor de ghidare; aceste cabluri se pot rupe în mod frecvent, iar înlocuirea lor necesită intervenția scafandrilor. Metoda de ataşare a cablurilor de ghidaj de baza permanentă de ghidare, variază de la un producător la altul şi de aceea trebuie studiate desenele tehnice. Metoda uzuală utilizează o dulie din zinc la capătul cablului. Dulia este prinsă într-o fantă, într-o parte a stâlpului de ghidare şi este apoi strânsă cu un capac crestat la partea superioară a stâlpului de ghidare. Capacul crestat este fixat cu şuruburi cu cap cilindric cu locaş hexagonal;

- montarea capătului de coloană;

- fixarea prevenitorului de erupție; prevenitorul de erupție variază de asemenea de la un fabricant la altul şi de aceea trebuie consultate desenele tehnice. După ce prevenitorul de erupție a fost instalat, bacurile sunt închise, iar conexiunea dintre prevenitor şi capătul de coloană este testată la presiune prin pomparea de fluid prin garnitura de foraj. Dacă această conexiune are scurgeri, prevenitorul este ridicat puțin, iar garnitura din oțel dintre prevenitor şi capătul de coloană trebuie înlocuită de către scafandru. La unele tipuri de capăt de coloană, această garnitură din oțel este prinsă cu patru şuruburi de reglare. În mod frecvent, când prevenitorul de erupții trebuie ridicat (fie pentru înlocuirea garniturii din oțel, fie la încheierea lucrării), conectorul hidraulic nu va ceda. Numeroase tipuri de conectori sunt prevăzute cu acționări manuale (tipul manual Cameron, Shaffer), pentru aceste situații, operațiile fiind efectuate de către scafandri. Aceste acționări manuale pot fi o pereche de came, sau o serie de şuruburi de fixare cu ochi de care sunt ataşate cablurile pentru a furniza o forță de ridicare, astfel slăbind conectorul. Acționarea manuală poate fi şi o serie de şuruburi cu cap cilindric cu locaş hexagonal care trebuie slăbite.

- schimbarea bacurilor prevenitorului de erupție; în mod frecvent, bacurile oarbe ale unui prevenitor de erupție trebuie schimbate sub apă de către scafandri, fie datorită unor scurgeri, fie datorită schimbării mărimii garniturii de foraj. Această operațiune de schimbare de piulițe şi bolțuri nu este complicată, dar trebuie consultate desenele tehnice ale fabricantului;

- montarea coloanei montante (riser), a conductei la duză şi a conductei de omorâre. Acestea sunt fixate de riser prin brațe de ghidaj şi postamente. Ele se

înşurubează la partea superioară a prevenitorului de erupţie, iar ghidarea lor în postamente şi fixarea în prevenitorul de erupţie este efectuată de către scafandri;

- conectarea ansamblului hidraulic cu prevenitorul de erupţie şi cu cadrul de ghidare;
- observarea înapoierii spre suprafaţă a fluidului de foraj;
- urmărirea montării capului de erupţie submarin şi de acţionare a ventilului submarin la capul de erupţie. Capul de erupţie se instalează şi cu ajutorul unei clame (brăţări elastice) mecanice montată de către scafandri;
- instalarea unui capac deasupra gurii puţului; după ce operaţiunea de foraj s-a încheiat, acest capac are o clamă tip Cameron care se prinde cu două sau patru bolţuri.

În afară de activităţile submarine desfăşurate cu scafandri la instalaţiile petrolifere offshore, prezentate pe parcursul acestui capitol, scafandrii mai desfăşoară foarte multe activităţi de rutină la structura platformelor de foraj şi exploatare, la instalaţiile aferente platformelor de foraj şi exploatare, precum şi la instalaţiile de transport şi stocaj ale produselor petroliere aşa cum sunt:

- observarea periodică a comportamentului fundului mării în zona de amplasare a platformei marine;
- verificarea periodică a părţii imerse a structurii platformei marine de foraj sau exploatare;
- verificarea periodică sau în cazuri de necesitate a instalaţiilor submerse de foraj sau exploatare;
- efectuarea de reparaţii mecanice la structura de rezistenţă a platformei;
- realizarea de ansamblări sau dezasamblări ale unor piese, dispozitive sau subansamble aferente instalaţiilor submarine de foraj sau de exploatare;
- înlocuirea unor elemente de instalaţie aferente instalaţiilor de foraj submarin, aflate sub apă;
- recuperarea unor piese, dispozitive sau elemente de instalaţie aferente instalaţiilor de foraj sau exploatare, de pe fundul mării;
- instalarea echipamentelor subacvatice de măsurare a diferiţilor parametri caracteristici mişcării apei în zona platformei marine (viteze de curenţi marini, înălţimi de val, presiuni locale pe suprafaţa părţii imerse a structurii , deformaţii statice sau deplasări dinamice ale elementelor de structură etc.);
- montarea sau demontarea componentelor submerse ale instalaţiei de televiziune submarină.

Indiferent de tipul activităţii desfăşurate de către scafandri la platformele marine offshore, intervenţia subacvatică presupune parcurgerea următoarelor faze:

- inspectarea locului şi determinarea condiţiilor în care se află elementele de structură ale platformei şi elementele de instalaţie petroliferă la care urmează să se intervină;
- alegerea echipamentelor de scufundare adecvate şi a tehnologiilor de scufundare optime tipului de activitate subacvatică ce urmează a fi desfăşurată;
- alegerea sculelor şi uneltelor necesare efectuării în bune condiţii a operaţiilor subacvatice;
- realizarea intervenţiei subacvatice propriu-zise;
- reinspectarea lucrării pentru a se asigura că intervenţia subacvatică a condus la rezultatul dorit.

4.

POZAREA ŞI ÎNGROPAREA CONDUCTELOR SUBMARINE

După cum s-a arătat în capitolul precedent, sondele sunt săpate de pe unitatea de foraj marin în mai multe locații şi deviat pentru a acoperii, în mod uniform, zăcământul. Înainte de începerea exploatării, se montează capul de erupție, acesta fiind principalul element de instalație utilizat pentru exploatarea produselor petroliere. Conductele ce transportă hidrocarburile sunt aduse separat de la aceste capete de erupție la o platformă fixă centrală, unde fluidele sunt separate şi apoi tratate, țițeiul fiind pompat direct, prin conducte submarine, la un depozit (fig. 4.1).

Transportul produselor petroliere prin conducte submarine este mai sigur şi mai ieftin decât transportul cu vase petroliere.

În general, operațiunea de pozare a unei conducte submarine este urmată, de obicei, de operațiunea de îngropare a conductei în terenul de pe fundul mării, pentru a o proteja, ambele operațiuni fiind executate şi urmărite ca desfăşurare de către scafandri.

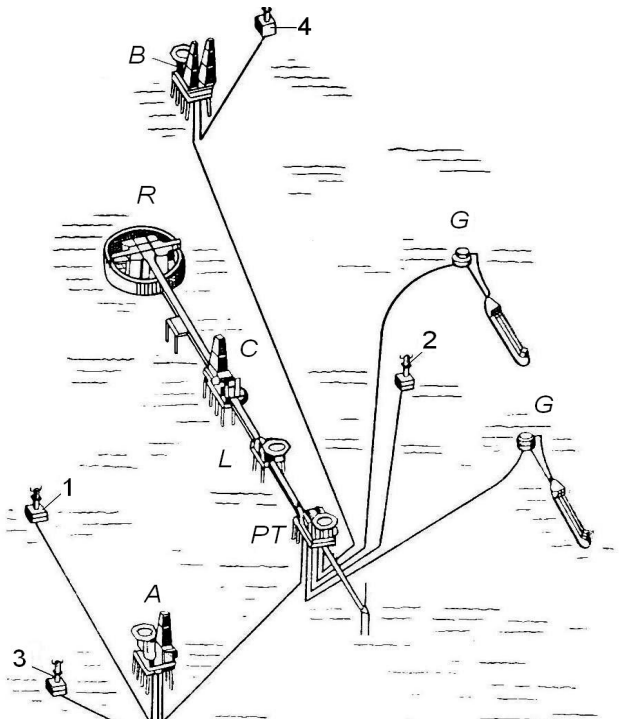


Fig. 4.1. Sistem de manevrare a producției: *A*, *B*, *C* – platforme cu sonde; 1,2,3,4– capete de erupție pe fundul mării; *L* – amenajări pentru locuit; *PT* – platformă terminală; *R* – rezervor; *G* – geamanduri pentru încărcarea navelor petroliere.

4.1. POZAREA CONDUCTELOR SUBMARINE

Pozarea unui tronson de conductă submarină, cu o anumită lungime, pe fundul mării sau pe fundul lacurilor sau râurilor, se poate efectua utilizându-se două metode principale: *pozarea de pe barjă* şi *pozarea prin remorcare*.

4.1.1. POZAREA CONDUCTELOR SUBMARINE DE PE BARJĂ

Începând cu mijlocul anilor ’50, dezvoltarea exploatării rezervelor de petrol şi gaz din Golful Mexic a înaintat până la un punct de la care s-a impus ca necesară extinderea pozării conductelor submarine, offshore, pe distanțe de până la 50 Mm. Echipamentul şi metodele tradiționale utilizate pentru pozarea conductelor, nu au mai corespuns, astfel că au fost concepute barje de construcție specială.

4.1.1.1. Tipuri de barje utilizate pentru pozarea conductelor submarine

Primele tipuri de barje de construcție specială erau prevăzute cu un fund plat, de formă dreptunghiulară, având montate lateral rampa de aliniere a conductei precum şi pontonul (rampa exterioară tip ponton pentru lansarea conductei în apă) (fig. 4.2).

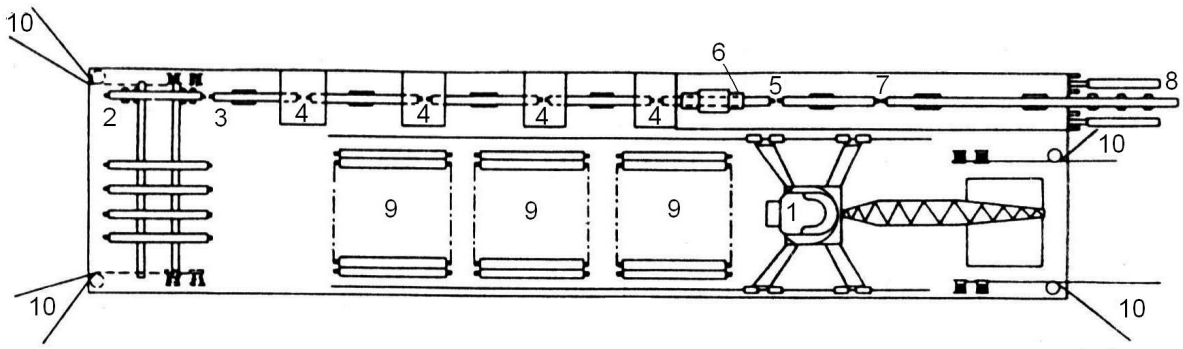


Fig. 4.2. Barjă cu fund plat cu rampă laterală: 1– macara mobilă; 2– rampa de aliniere; 3,4 – stații de sudare a conductelor; 5– stație de control al sudurii cu raze X; 6– rampă de lansare; 7– conducte; 8– rampă exterioară de lansare; 9– depozitare tronsoane conducte; 10– cabluri de ancorare.

Adâncimile de pozare nu depăşeau 50 m, fiind necesare numai puține schimbări în configurația barjei sau în aranjarea rampei de lansare tip ponton. După anul 1965, operațiunile de pozare s-au efectuat în ape mai adânci şi pe vreme mai rea. Aici, aceste tipuri de barje s-au dovedit a fi ineficiente, iar costurile operațiunilor de pozare a conductelor pe fundul mării au fost mult mai ridicate. În consecință, firmele implicate în pozarea conductelor au conceput tipuri noi de barje (fig. 4.3). Modificările au fost efectuate atât la fundul barjei, care acum era asemănător cu cel al navelor sau era semi-submersibil, precum şi la pontonul de lansare.

Unul dintre aspectele legate de descoperirea de noi rezerve de hidrocarburi offshore, a fost acela că diametrul conductelor pentru transportul produsului a trebuit să fie mai mare. În anii ’60 diametrele normale ale conductelor de transport erau de 400...750 mm, pe când în anii ’70, diametrele conductelor au crescut la 800 mm, iar adâncimea apei la care se montează conductele a crescut până la 107 m. În prezent,

operațiunile de pozare a conductelor submarine se execută cu conducte având diametrul de până la 900 mm şi la adâncimi ale apei de până la 150 m. În plus, tipurile noi de barje au posibilități mult mai mari, putând manevra conducte cu diametrul de până la 1500 mm, pentru a fi pozate la adâncimi ale apei de până la 600 m.

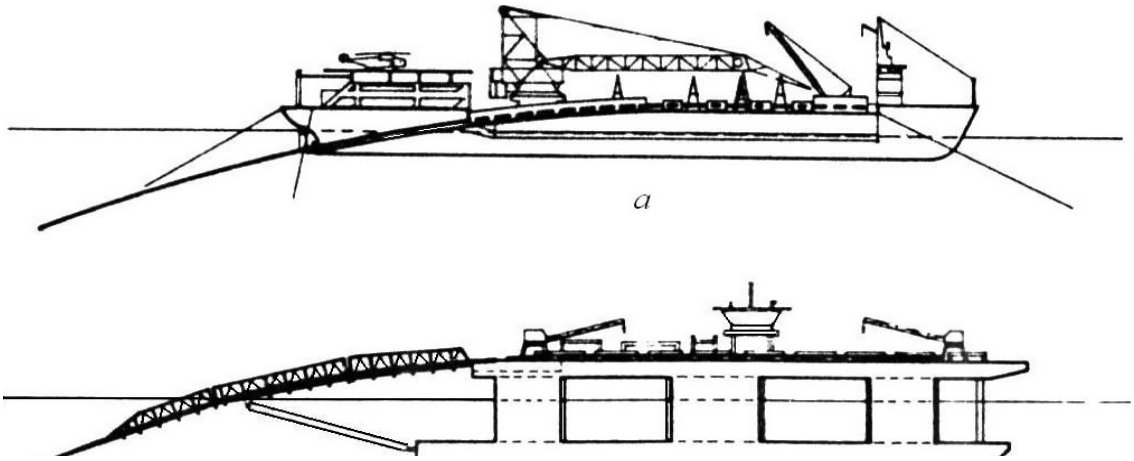


Fig. 4.3. Tipuri noi de barje: *a* – barjă cu fund de navă;
b – barjă cu fund semisubmersibil.

Viteza de pozare a conductei submarine este, în mare măsură, în funcție de tipul barjei, precum şi de starea vremii. De aceea, a fost necesar să se aducă o serie de îmbunătățiri unor elemente şi factori cum ar fi: stabilitatea barjei, construcția pontonului, sistemul de ancorare, sistemul de manevrare a tronsoanelor de conductă.

Utilizarea barjelor semisubmersibile oferă multiple avantaje, în special pe vreme rea, contribuind la reducerea timpului de pozare a conductelor.

Pontonul utilizat pe barjele cu fund plat, prezintă dezavantajul că se poate deteriora atât în timpul pozării, cât mai ales pe vreme rea. Noile tipuri de pontoane (rampe de lansare a conductelor în mare) includ unele îmbunătățiri aşa cum sunt structurile fixe care acționează ca o extensie a barjei (fig. 4.4). Aceste rampe de lansare tip ponton pot fi ridicate din apă, în cazul deteriorării vremii, în timpul operațiunilor de pozare.

Mişcarea de înaintare a barjei are loc sub controlul direct al unui număr de 8...14 ancore care fac parte din sistemul de ancorare. Cablurile ancorelor pot avea un diametru de 50...75 mm şi o lungime de 900...3300 m. Pe barjele cu fundul plat, mişcarea de înaintare este controlată manual prin intermediul vinciurilor care manevrează cablurile ancorelor. Acest sistem prezintă dezavantajul că pot surveni erori precum şi ineficiență în manevrare.

Noile tipuri de barje prezintă o serie de noi sisteme pentru a reduce sau chiar a elimina aceste probleme. Cele mai importante sunt sistemul care permite controlul automat, asistat de calculator, al vinciurilor precum şi sistemul complex de colectare a datelor referitoare la operațiunea de pozare a conductei. Acest sistem oferă o multitudine de date atât asupra barjei cât şi asupra pontonului şi conductei, aceste date fiind apoi prelucrate la bord de un calculator.

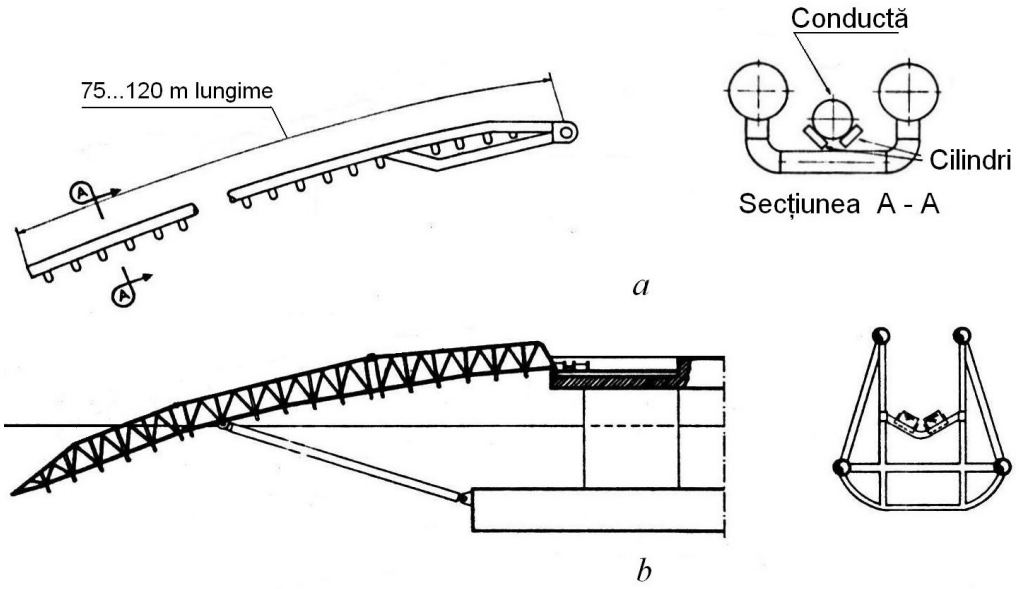


Fig. 4.4. Rampă de lansare a conductelor în mare:
a – rampă de tip ponton; *b* – rampă cu zăbrele.

4.1.1.2. Efectuarea pozării conductelor submarine

În continuare, se descrie operațiunea de pozare a unei conducte pe fundul mării cu ajutorul unei barje tradiționale, cu fundul plat.

Barja cu fundul plat este o navă cu sau fără propulsie proprie, prevăzută cu o serie întreagă de instalații şi dispozitive necesare efectuării operațiunii de pozare a conductelor. Această barjă poate avea diferite dimensiuni care pot fi de peste 100 m lungime şi 30 m lățime pentru barjele de mărime mai mare. Barja pentru exploatările petrolifere offshore (fig. 4.5) este prevăzută cu o serie de instalații, utilaje şi dispozitive cum ar fi: macarale foarte puternice pentru manevrarea ancorelor, a tronsoanelor de conductă, a materialelor etc., un număr de patru sau şase grui, instalație de ancorare în mai multe puncte, rampă tip ponton pentru pozarea conductelor, echipamente complete de scufundare autonomă şi cu alimentare de la suprafață, diverse dispozitive necesare lucrului pe fundul apei, platformă pentru elicoptere etc. Rampa de lansare sau linia de îmbinare prin sudare a tronsoanelor de conductă se află, în general, situată la tribordul barjei. Această rampă este prevăzută cu mai multe transportoare cu role acoperite cu cauciuc cu ajutorul cărora tronsoanele de conductă sudate între ele sunt aliniate şi împinse lent către pupa barjei. Transportoarele sunt acționate hidraulic şi permit manevrarea unor tronsoane de conductă de 12 m lungime fiecare şi având un diametru exterior cuprins între 8 țoli şi 42 țoli. Tronsoanele de conductă sunt îmbinate între ele prin procedeul de sudare cap--la-cap (fig. 4.6). Capetele țevilor sunt tăiate, şanfrenate la 30^0, iar după alipirea cap--la-cap, şanțurile rezultate sunt umplute cu sudură. După ce sudura a fost efectuată, se procedează la inspectarea acesteia cu ajutorul razelor X. În cazul în care sudura nu a fost corect efectuată, se reface în întregime.

Capătul primului tronson de conductă este închis prin sudarea la acesta a unui dop, pentru a nu permite intrarea apei în interiorul conductei (fig. 4.7). Dopul este prevăzut cu un ochi de metal sudat.

Fig. 4.5. Barjă pentru pozarea conductelor submarine.

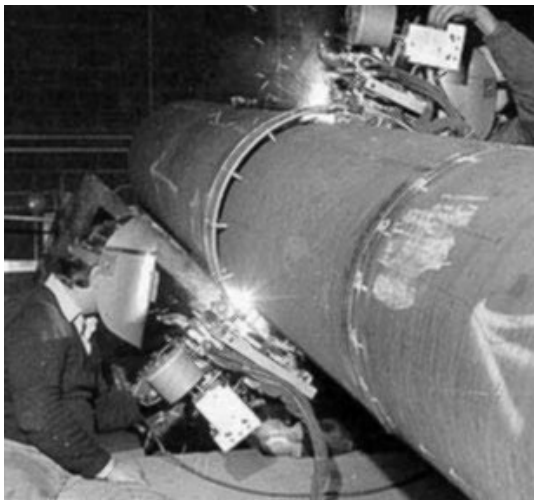


Fig. 4.6. Îmbinarea tronsoanelor de conductă prin sudare cap-la-cap.

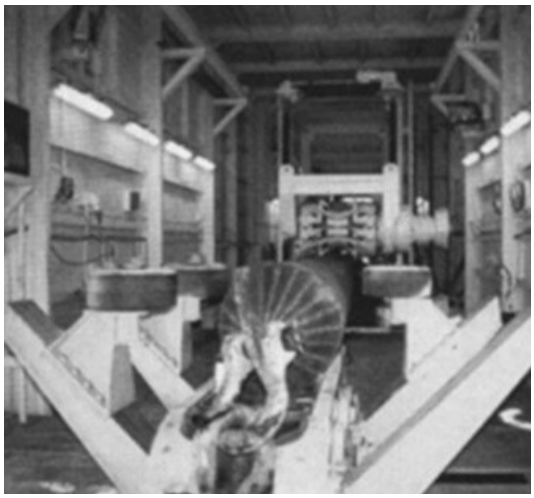


Fig. 4.7. Dop pentru închiderea capătului conductei.

Fiecare tronson de conductă este acoperit cu un strat de protecţie anticorozivă alcătuit din benzi de polietilenă şi PVC, prevăzute la partea interioară cu un strat de aderenţă, direct pe metalul conductei. Pentru o şi mai bună protecţie anticorozivă, cât şi împotriva deteriorării, se poate îmbrăca conducta cu o plasă din oţel peste care se aplică un strat de ciment alcătuind un blindaj.

La ambele capete ale tronsonului de conductă este lăsată liberă, neacoperită, o porţiune de aproximativ 30 cm pentru a permite efectuarea îmbinării prin sudare. După ce inspecţia sudurii a fost efectuată (prin metoda cu raze X), tronsoanele de conductă sunt împinse lent către pupa barjei la staţia de bitumare. Aici se procedează la astuparea staţiului liber al capetelor secţiunilor sudate, cu ajutorul unui manşon din metal prevăzut cu un spaţiu liber prin care se toarnă bitum topit. Manşonul este apoi închis cu o bandă metalică (fig. 4.8). Tronsoanele de conductă sunt apoi împinse înspre rampa de lansare în mare de tip ponton a barjei.

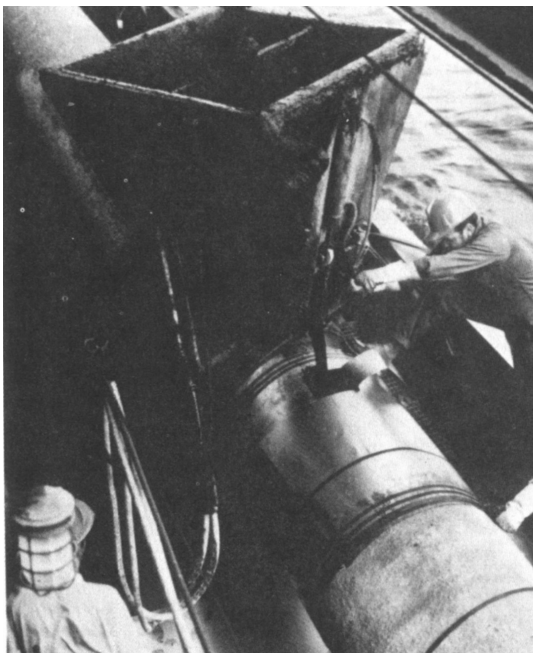


Fig. 4.8. Astuparea spațiului liber al îmbinării cu bitum.

Fig. 4.9. Rampă tip ponton pentru pozarea conductei.

Operațiunea de înaintare a conductei, este realizată cu ajutorul unuia sau a două dispozitive speciale. Acestea constau din două perechi de role din cauciuc de forma unor anvelope sau a unor şenile, situate una deasupra conductei şi alta sub conductă. Rolele din cauciuc sunt acționate hidraulic presând conducta între ele cu o forță predeterminată, pentru a împinge înainte conducta, sau pentru a o trage înapoi.

Pontonul (rampa tip ponton de lansare în apă a conductei) este utilajul cu care conducta este susținută între barjă şi fundul mării şi a cărui flotabilitate poate fi controlată (fig. 4.9). Pontonul poate avea o lungime cuprinsă între 30 şi 300 m, fiind construit din două țevi cu un diametru de 20 țoli fiecare, sau mai mult, îmbinate împreună de-a lungul părții inferioare printr-o serie de brațe metalice în formă de U. Aceste brațe sunt prevăzute cu role alcătuind un spațiu (canal) printre cele două țevi de diametru mare ale pontonului şi prin care conducta se mişcă. Pontonul este împărțit în mai multe compartimente etanşe cu o lungime de aproximativ 3 m fiecare, prevăzute cu vane de inundare şi eliminare a aerului. Un capăt al pontonului este fixat la baza rampei, fie la pupa barjei într-un bord, iar celălalt capăt pluteşte liber. La baza rampei se află dispozitivul de legare al pontonului care este un bloc masiv din oțel cântărind între 30 şi 50 tf, care fixează capătul pontonului de barjă, acționând ca o balama pentru mişcarea pontonului în plan vertical. Mişcarea verticală este necesară ajustării capătului pontonului sub conductă, menținându-l într-o poziție uşor arcuită sub apă. Dispozitivul este monitorizat de la un tablou de control montat pe puntea barjei, la pupa.

Pontonul este fixat în dispozitiv cu ajutorul unei macarale a barjei. Pentru aceasta, scafandrul trebuie să cupleze două parâme metalice prevăzute cu chei de tachetaj, la cele două ochiuri metalice ale pontonului şi la macaraua barjei de la pupa.

După ce pontonul este fixat ferm de barjă, se procedează la conectarea de ponton a unui număr de cel puțin cinci furtunuri. Această operațiune este efectuată de către un scafandru. Furtunurile se utilizează pentru aducerea aerului şi evacuarea apei din ponton, sau pentru fluidul hidraulic necesar acționării vanelor de inundare. De asemenea, la capătul liber al pontonului se află un furtun (sondă) pentru determinarea adâncimii. Aceste furtunuri pornesc de la tabloul de control, fiind conectate de către scafandru la un panou tip manifold special situat în spatele pontonului.

Pontoanele sunt prevăzute cu una sau două conducte cu un diametru de 2...3 țoli, de-a lungul babordului, prin care circulă aerul necesar diferitelor compartimente ale pontoanelor. Compartimentele sunt prevăzute, la rândul lor, cu câte o vană de control a debitului de aer. Cele două țevi principale ale pontonului sunt conectate între ele prin mai multe tronsoane de țeavă, în formă de U, numite puncte de intersecție şi care sunt prevăzute cu vane pentru inundarea compartimentelor pontonului. Toate aceste vane de aer şi de inundare sunt manevrate de către un scafandru conform unor calcule efectuate anterior. Pontoanele sunt prevăzute, de asemenea, cu unul sau două compartimente ale căror vane sunt operate automat prin acționarea hidraulică de la tabloul de control aflat pe barjă. La capătul liber al pontonului, se află un tronson cu o lungime de 9...12 m, prevăzut, cu vane automate de control şi care oferă o flotabilitate suplimentară pontonului.

După ce furtunurile pontonului au fost conectate, se procedează la efectuarea diferitelor controale. Mai întâi se testează sonda de adâncime, iar apoi vanele automate. Se procedează apoi la inundarea anumitor compartimente ale pontonului pentru a permite acestuia să stea submers, conform calculelor efectuate anterior. Această operațiune este efectuată de către scafandri. Operațiunea de inundare a pontonului se execută cu conducta care trebuie pozată, aflată pe ponton, pentru a oferi flotabilitate negativă suplimentară. Se procedează apoi la avansarea conductei pe ponton, până când o jumătate de tronson (aproximativ 6 m) se află situată în afara pontonului. Înaintea începerii acestei operațiuni, se prinde în ochiul de metal al capătului conductei o parâmă din oțel prevăzută cu o cheie de împreunare, cu ajutorul căreia se fixează conducta de unul dintre picioarele jacket-ului, pentru a o menține într-un loc fix atunci când barja înaintează pozând conducta. În timpul avansării conductei pe ponton, aceasta se poate bloca în rolele pontonului, trebuind să fie ridicată cu macaraua. Pentru a fixa parâma metalică de ochiul de metal al conductei, este necesară intervenția scafandrilor. După ce conducta a fost împinsă pe ponton, sub apă, până în apropierea jacket-ului platformei, scafandrul prinde parâma din capătul conductei de unul din picioarele jacket-ului. Se recomandă ca această operațiune să fie executată cu echipament de scufundare cu alimentare de la suprafață şi nu cu echipament autonom, datorită necesității transmiterii de către scafandri a unor indicații, prin radio, asupra poziției pontonului şi a conductei față de jacket.

După efectuarea acestei operațiuni de către scafandri, barja este gata pentru a continua pozarea conductei. În timpul derulării operațunii de pozare, scafandrul trebuie să efectueze inspectarea periodică atât a pontonului şi a poziției conductei pe acesta, cât şi privind amplasarea conductei pe fundul mării.

Mai întâi, scafandrii inspectează furtunurile de control ale pontonului care nu trebuie să prezinte volte prea mari, iar apoi controlează dacă “ghiarele” dispozitivului

de prindere al pontonului sunt închise în mod corespunzător. Scafandrii efectuează apoi inspectarea rolelor pontonului. Se recomandă ca această operaţiune să fie efectuată cu echipament de scufundare cu alimentare de la suprafaţă, fiecare scafandru fiind echipat, suplimentar, cu o vestă de salvare şi cu o butelie de securitate şi având asupra sa şi o cheie reglabilă. Trebuie acordată o mare atenţie mişcărilor pe verticală ale pontonului şi ale conductei, acestea fiind deosebit de flexibile. În cazul în care conducta nu atinge rolele pontonului dinspre barjă, dar se află aproape de ele, iar la capătul celălalt le atinge, pontonul are o flotabilitate pozitivă prea mare, ridicând conducta. Dacă conducta atinge rolele pontonului la capătul dinspre barjă, iar la capătul liber nu le atinge, înseamnă că pontonul nu are suficientă flotabilitate pozitivă. În primul caz, pontonul poate dezvolta suficientă forţă pentru a ridica conducta, îndoind-o, iar în cel de-al doilea caz, pontonul se poate scufunda cauzând, de asemenea, îndoirea conductei. Conducta se află în poziţie corespunzătoare atunci când atinge în mod uniform toate rolele pontonului. Pentru corectarea situaţiilor necorespunzătoare descrise, scafandrii trebuie să acţioneze vanele compartimentelor cu ajutorul unor chei reglabile. La capătul liber al pontonului, scafandrii trebuie să verifice dacă conducta atinge pontonul mai mult într-o parte decât în cealaltă, aceasta însemnând că barja nu înaintează în linie dreaptă. De asemenea, la capătul liber al pontonului se face o citire a adâncimii scafandrului cu ajutorul sondei de adâncime, care se compară cu citirea adâncimii făcută cu sonda de adâncime a pontonului, apoi se face o nouă citire la adâncimea maximă, pe fund. Acestea sunt necesare pentru a determina distanţa la care se află pontonul faţă de fundul apei şi care, pentru o barjă cu fund plat, este cuprinsă între 0 m şi 10 m. Scafandrul verifică apoi, numărul de îmbinări sudate ale conductei care se află situate între capătul pontonului şi locul unde conducta atinge fundul apei. Acestea pot fi în număr de 2...5 îmbinări.

Se recomandă ca efectuarea acestei verificări să fie efectuată de asemenea, cu echipamentul de scufundare cu alimentare de la suprafaţă, acordându-se din nou o mare atenţie mişcărilor pontonului care pot fi periculoase. După ce întreaga lungime de conductă a fost pozată, se sudează un dop metalic în capătul conductei de care se prind parâme din oţel, iar întregul capăt al conductei este ridicat simultan de macaralele şi gruiele barjei. Pontonul este inundat cu apă, iar apoi capătul de conductă este ridicat de pe ponton şi aşezat pe fundul apei. Scafandrul va trebui să efectueze o scufundare pentru a verifica dacă conducta este complet ridicată de pe ponton.

În majoritatea cazurilor, conducta este pozată de la o platformă la alta. În acest caz, este necesar să se efectueze unele operaţiuni specifice. Una dintre acestea constă în verificarea distanţei la care se află capătul conductei situată pe fundul mării, faţă de jacket. Această operaţiune este efectuată de către scafandri cu ajutorul unei saule. Dacă distanţa este mai mare de 6 m, conducta trebuie ridicată la suprafaţă şi readusă la o distanţă mai mică.

De asemenea, scafandrul trebuie să verifice dacă conducta este aliniată cu centrul jacket-ului platformei. În caz contrar, conducta trebuie ridicată şi mutată într-o parte sau alta până când este poziţionată spre centrul jacket-ului. În cazul în care conducta este mai largă, extinzându-se dincolo de jacket, trebuie mutată şi poziţionată lângă jacket. Scafandrul marchează apoi pe piciorul respectiv locul alinierii conductei cu jacket-ul, cu ajutorul unui ciocan şi a unei dalte, sau cu o saulă.

4.1.1.3. MONTAREA CLAMELOR DE FIXARE A COLOANEI MONTANTE (RISER)

Următoarea operațiune care trebuie efectuată de către scafandri, reprezintă montarea clamelor în care urmează să se prindă riser-ul sau coloana montantă*). Aceasta se fixează de piciorul jacket-ului sau al unei zăbrele, fie la o singură platformă, fie la două platforme, pentru a nu fi mişcată de valuri sau din alte cauze.

Clamele pot fi de mai multe tipuri, cântărind între 130 kg şi 680 kg, iar montarea lor se face în locuri şi la adâncimi prestabilite. Piesa de apăsare (şaua) este prevăzută cu găuri filetate pentru prindere de clama propriu-zisă (fig. 4.10).

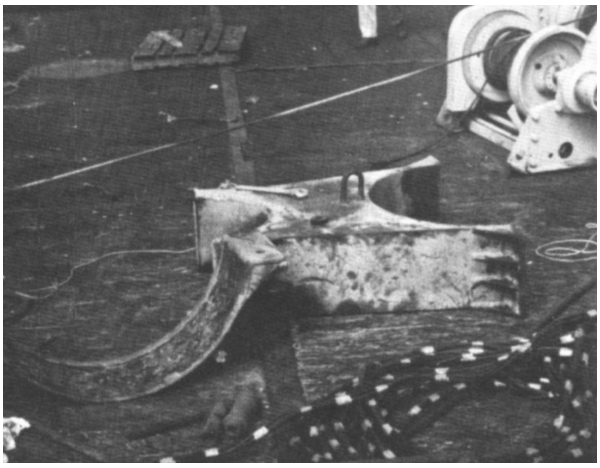


Fig. 4.10. Clamă pentru fixarea coloanei montante.

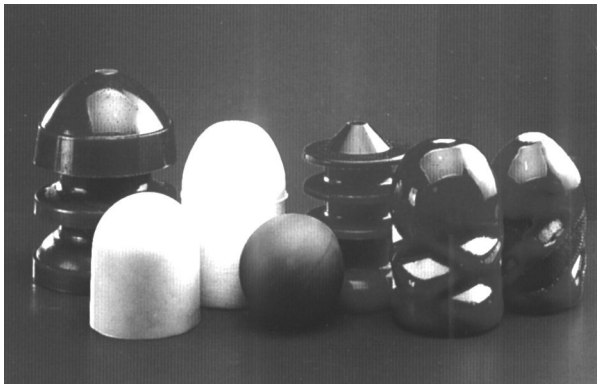


Fig. 4.11. Pig-uri pentru verificarea interiorului conductei.

Pentru efectuarea acestei operațiuni sunt necesare, pe lângă echipamentul de scufundare cu alimentare de la suprafață, şi unelte acționate mecanic cum ar fi: vinciuri pneumatice, chei cu şocuri acționate pneumatic sau hidraulic, precum şi parâme metalice, lanțuri, chei de împreunare şi macarale metalice cu galoş.

Înainte de începerea montării clamelor, trebuie efectuate mai multe operațiuni preliminare la clame. Astfel, fiecare bulon şi piuliță trebuie deşurubat, iar filetele curățate cu o filieră sau cu un tarod, apoi unse cu ulei. Se măsoară clamele, pentru a se determina care va fi montată prima la baza riserului.

Se fixează mai întâi, pe unul din elementele de pe jacket, macaralele cu galoş într-o poziție cât mai avantajoasă, iar cu ajutorul vinciurilor pneumatice se coboară sub apă prima clamă împreună cu piesa de strângere, separat de o parte şi de alta a piciorului jacket-lui. Buloanele şi piulițele clamei pot fi coborâte în apă în mai multe moduri: într-un paner legat de o saulă, prinse într-o saulă şi fixată de clamă, sau înşurubate uşor în piesa de strângere. Sub apă, la locul de montare al clamei, scafandrului i se ia mai întâi o citire a adâncimii cu ajutorul sondei de adâncime, apoi acesta efectuează curățarea locului de vegetație marină cu lance de apă, sau cu perie din oțel rotativă acționată mecanic.

*) Deşi această operațiune este legată mai mult de lucrări la platforme marine, s-a considerat că este mai necesar a fi menționată în cadrul lucrărilor de pozare, fiind direct legată de acestea.

Montarea clamei şi a piesei de strângere se face numai provizoriu, şi nu definitiv, urmând a fi montată permanent ulterior, după coborârea în apă a riser-ului. După efectuarea acestei operaţiuni, scafandrul iese la suprafaţă.

În continuare, se procedează la ridicarea la suprafaţă a capătului conductei, pentru a se suda de acesta capătul submers al riser-ului. După efectuarea sudării, conducta împreună cu riser-ul sunt coborâte în apă până la aproximativ jumătate din adâncimea apei.

Fixarea riser-ului în prima clamă, se face cu ajutorul scafandrului care ghidează riser-ul pe măsură ce acesta este coborât, dând indicaţiile corespunzătoare prin radio. Montarea pieselor de strângere se face începând cu cea mai apropiată de fund, şi continuând apoi cu celelalte. Strângerea buloanelor şi a piuliţelor se face cu ajutorul cheii cu şocuri. Instalarea clamelor pe riser necesită multă muncă din partea scafandrului dar, procedând în mod corespunzător, o clamă poate fi montată în 20...30 minute. În timpul efectuării acestei operaţiuni, ca şi în timpul montării preliminare a clamei pe jacket, trebuie ţinut cont de timpul petrecut la fiecare clamă, pentru a determina profilul corect al scufundării. După efectuarea în întregime a lucrării la riser, scafandrul trebuie să elibereze pe rând parâmele metalice ale gruielor şi macaralei de care a fost prins riser-ul, revenind apoi la suprafaţă. În continuare, barja se deplasează la capătul celălalt al conductei unde urmează să se instaleze, de asemenea, un riser prin aceleaşi procedee. La acest capăt al conductei, înainte de începerea operaţiunii de instalare a riser-ului, scafandrul trebuie să elibereze parâma metalică care susţine capătul conductei de unul dintre picioarele jacket-ului. Datorită forţei mari care a fost aplicată parâmei, aceasta trebuie tăiată prin procedeul de tăiere oxi-arc. După eliberarea parâmei, scafandrul trebuie să prindă conducta cu parâmele de metal ale gruielor şi ale macaralei pentru a ridica la suprafaţă conducta la care urmează să se sudeze riser-ul. După legarea parâmelor, procedeul de montare a riser-ului în clame este identic cu cel efectuat la celălalt capăt al conductei.

După efectuarea lucrărilor de pozare a conductei şi de instalare a riser-elor, se procedează la testarea întregii lungimi de conductă. Aceste teste sunt conduse de pe barjă. Primul test constă în trimiterea, cu ajutorul aerului comprimat, a unei piese numită pig prin interiorul conductei pentru a se verifica dacă diametrul interior al conductei este cel corespunzător şi dacă conducta nu este obstrucţionată (fig. 4. 11).

După ce pig-ul a fost trecut, se procedează la testarea hidraulică a conductei la presiunea din specificaţii. Timpul necesar pig-ului de a trece printr-o anumită lungime de conductă, împins de o anumită presiune a aerului, poate fi calculat uşor. În cazul în care acest interval de timp a expirat, iar pig-ul nu a ajuns în celălalt capăt al conductei, scafandrul trebuie să efectueze o scufundare pentru a verifica cauza opririi pig-ului. Dacă presiunea din interiorul conductei continuă să crească, înseamnă că conducta este îndoită sau pig-ul este obstrucţionat într-o cusătură a sudurii. Dacă presiunea din interiorul conductei scade, înseamnă că conducta are o fisură în una din îmbinările sudate. Unele pig-uri sunt prevăzute cu pinger şi poartă denumirea de pig-pinger, fiind similare pinger-elor obişnuite. Localizarea pig-pinger-elor se face fie de la suprafaţă cu o antenă direcţională, fie de către scafandru care se deplasează de-a lungul conductei ţinând în mână un pig-pointer (fig. 4.12). Uneori, dacă conducta prezintă o

fisură sau o gaură, se introduce o vopsea colorată care, ieşind la suprafaţă indică locul scurgerii. După ce defecţiunea a fost detectată, locul acesteia se balizează. Pentru repararea unei astfel de scurgeri, când adâncimea apei este relativ redusă, se procedează astfel: se poziţionează barja longitudinal pe conductă, având primul grui deasupra defecţiunii conductei. Conducta trebuie tăiată pentru a se elimina porţiunea defectă, iar cele două capete sunt ridicate pe barjă pentru a fi reparate. Operaţiunea de tăiere a conductei se efectuează de către scafandri prin procedeul de tăiere oxi-arc, sau prin procedeu mecanic. Înainte de începerea tăierii, stratul de beton al conductei trebuie îndepărtat, utilizând lancea de apă. După efectuarea tăierii, se prinde parâma gruiului de un capăt al conductei. În cazul în care parâma poate fi trecută, se procedează la jetisonarea sub conductă. După ce prima parâmă a fost trecută, se ridică capătul conductei pentru a permite scafandrului să treacă şi cea de-a doua parâmă. Pentru conductele de diametru mare, având o greutate mai mare, este necesar să se evacueze apa din interior înainte de a fi ridicate. Aceasta se realizează cu ajutorul unui pig introdus în conductă la celălalt capăt şi împins cu aer comprimat. Pentru a împiedica ieşirea pig-ului din conductă la celălalt capăt, având drept consecinţă reinundarea cu apă a conductei, se barează ieşirea pig-ului. Scafandrii trebuie să efectueze scufundări pentru a verifica dacă apa este împinsă afară din conductă. Când aerul începe să iasă afară din conductă, un capăt al conductei este ridicat pe barjă.

O dată tăiată porţiunea de conductă defectă, se sudează o nouă porţiune de conductă prevăzută la un capăt cu o flanşe specială, apoi conducta se coboară din nou în apă şi se reinundă. Scafandrii procedează apoi la măsurarea lungimii libere rămase de la celălalt capăt al conductei, apoi eliberează parâmele primului capăt prinzându-le pe cel de-al doilea care, conform aceloraşi proceduri, este ridicat pe barjă unde se sudează o nouă porţiune prevăzută cu flanşe, după care este coborâtă în apă. Flanşele utilizate în acest scop sunt dispozitive de precizie. Flanşele sunt prevăzute cu un canal circular pe fiecare faţă, în care se introduce un O-ring din oţel. O-ringul este presat prin strângere de către cele două feţe ale flanşei creând etanşeitate. Flanşele sunt prevăzute cu un număr de buloane aşezate la mică distanţă unele faţă de celelalte (fig. 4.13).

Prinderea împreună a celor două capete cu flanşe ale conductei se efectuează de către scafandri. Pentru aceasta, sunt necesare scule de mână (chei), chei cu şocuri acţionate pneumatic sau hidraulic pentru strângerea buloanelor flanşelor, precum şi palanc diferenţial. După ce cele două flanşe au fost aliniate, scafandrul introduce buloanele, după care introduce între flanşe O-ringul de oţel în canalul circular. După ce O-ringul a fost poziţionat, cu ajutorul cheii cu şocuri scafandrul strânge buloanele ”în cruce”. În timpul efectuării acestei lucrări, scafandrii trebuie să acorde o mare atenţie mişcărilor barjei care sunt transmise şi conductei prin intermediul parâmelor metalice, cauzând deschiderea sau închiderea flanşelor. În cazul în care adâncimea apei este mai mare, capetele conductei nu se ridică pe barjă, iar flanşele sunt sudate sub apă de către scafandri prin procedeul de sudare în mediu uscat.

În final, conducta aşezată pe fundul mării, la adâncimi la care materialul aluvionar este pus în mişcare de valuri, are nevoie de sisteme de ancorare, de forma unor tiranţi cu disc de ancorare (fig. 4.14).

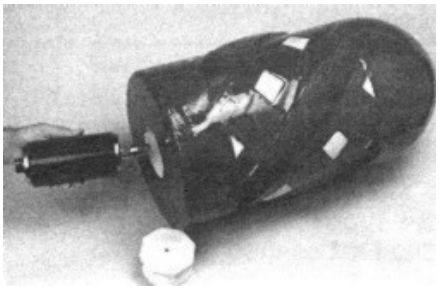


Fig. 4.12. Pig-pointer (locator de pig).

Fig. 4.13. Flanşă pentru repararea unei conducte defecte.

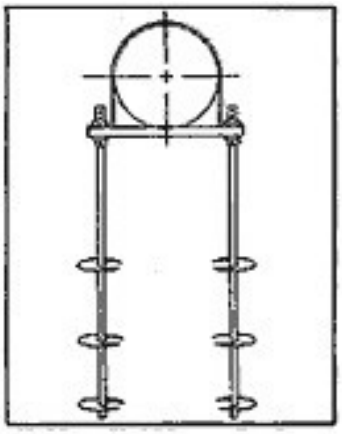


Fig. 4.14. Tirant pentru ancorarea conductei.

4.1.2. POZAREA CONDUCTELOR SUBMARINE PRIN REMORCARE

Metoda de pozare a conductelor submarine prin remorcare are la bază conceptul că tronsonul de conductă cu o anumită lungime este realizat pe uscat (fig. 4.15) şi apoi este remorcat până la locul de instalare. În prezent, există trei metode pentru remorcarea conductei şi anume: la suprafața apei sau imediat sub suprafața liberă a apei, deasupra fundului apei şi pe fundul apei.

Fig. 4.15. Tronson de conductă realizat pe uscat.

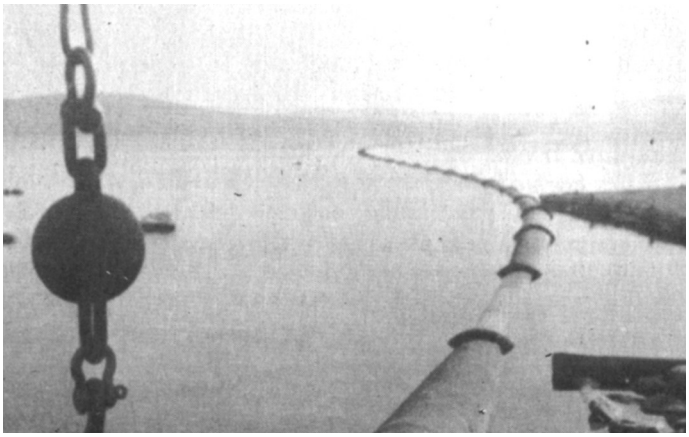


Fig. 4.16. Tronson de conductă menținut la suprafața apei, ce urmează a fi remorcat.

Datorită descoperirii unor noi zăcăminte de hidrocarburi în ape mai adânci, numeroasele firme implicate în operațiunile de pozare a conductelor offshore, au fost nevoite să găsească noi metode pentru amplasarea pe fundul mării a unor conducte de

diferite lungimi, însă la adâncimi mai mari şi în condiţii meteo dificile, fără a se întrerupe operaţiunile. Toate aceste noi metode implică operaţiunea de remorcare a conductei. Spre deosebire de metoda pozării de pe o barjă, aceste noi metode necesită instalaţii şi echipamente diferite (şantier aflat pe uscat, remorchere şi alte nave-suport).

4.1.2.1. Pozarea conductelor prin remorcare la suprafaţa apei sau imediat sub suprafaţa liberă a apei

Metoda de pozare a conductei prin remorcare la suprafaţă (fig. 4.16) necesită următoarele operaţiuni: inspectarea locului de amplasare cu ajutorul scafandrilor, construcţia pe ţărm a flotorilor şi pregătirea capetelor conductei, remorcarea la locul amplasării, fie la suprafaţă (fig. 4.17), fie imediat sub nivelul apei şi imersarea şi conectarea celor două capete de conductă la instalaţia de pe ţărm şi la coloana montantă sau capul de erupţie.

Fig. 4.17. Pozarea conductei prin remorcare la suprafaţa apei:
1, 2– remorchere; 3– conductă cu flotori.

Principalele avantaje ale acestei metode sunt: inspectare a zonei de amplasare redusă la minim, viteză mare de remorcare a conductei, posibilitate de verificare a legării conductei la remorcher de către scafandri prin inspecţie vizuală la terminarea remorcării, precum şi utilizare la adâncimi mari de apă.

Tronsoanele de conductă sunt sudate cap-la-cap pe un şantier special amenajat aflat pe ţărm şi care dispune de toate instalaţiile necesare lansării conductei. Pe măsură ce tronsoanele sunt sudate, un capăt al conductei este remorcat şi menţinut în poziţie de plutire la suprafaţa apei, de-a lungul unui traseu marcat. Atunci când ultima secţiune a fost îmbinată şi, dacă amplasarea are loc în apropierea ţărmului, se inundă cu apă un ponton sau flotorii aflaţi la capătul dinspre ţărm al conductei, ceea ce va face ca întrega lungime de conductă să se scufunde sub apă. În acest mod, pot fi amplasate pe fundul apei conducte cu diametrul de 400...600 mm. Apoi, scafandrii trebuie să poziţioneze pe fundul apei, direct sub conductă, diverse dispozitive de ancorare. De asemenea, pontonul sau flotorul trebuie să fie prevăzut cu dispozitive de ancorare în trei direcţii pentru a se preveni balansarea şi ruperea restului de conductă. După ce întregul tronson de conductă a fost imersat şi ancorat, scafandrii efectuează o inspecţie a acestuia. Dacă fundul apei este un nămol, scufundarea conductei va produce ridicarea sedimentelor, făcând imposibilă o inspecţie imediată. După efectuarea inspecţiei scafandrii trebuie să strângă eventualele piuliţe sau şuruburi slăbite, utilizând chei de dimensiuni corespunzătoare. Apoi, se înlătură balizele, sau oricare alte obiecte de marcare.

4.1.2.2. Pozarea conductelor prin remorcare deasupra fundului apei

La metoda de pozare a conductelor prin remorcare deasupra fundului apei, remorcarea conductelor se realizează cu ajutorul unor cabluri-ghid (fig. 4.18).

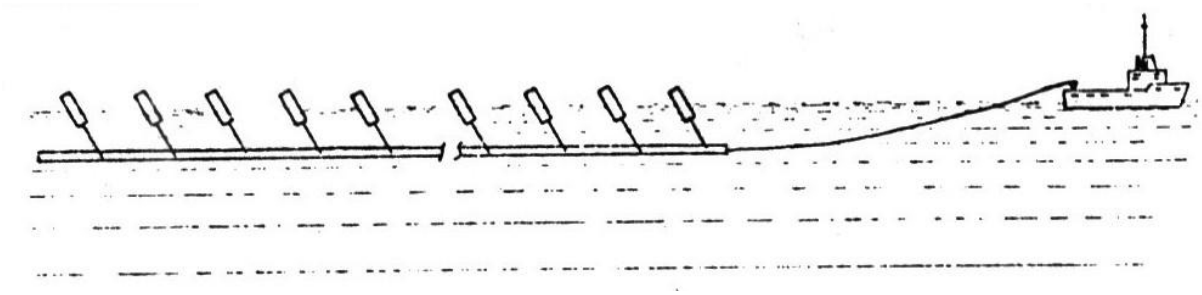


Fig. 4.18. Pozarea conductei prin remorcare sub suprafața apei (deasupra fundului apei).

Pe conductă sunt montați mai mulți flotori special concepuți pentru adâncimea maximă care va fi atinsă de conductă în timpul remorcării. Aceşti flotori, se pot desprinde în mod automat asigurând în acelaşi timp stabilitatea conductei deasupra fundului apei, la o anumită adâncime. Conducta este remorcată între două remorchere, de obicei la o adâncime de aproximativ 3 m deasupra fundului apei. Când conducta a ajuns la locul de amplasare, primul capăt este conectat la structură prin tragere directă, iar cel de-al doilea capăt printr-o operație de deplasare laterală.

Această metodă prezintă o serie de avantaje față de metoda remorcării pe fundul apei şi, în principal, avantajul că conducta poate fi remorcată peste diferite obstacole (stânci, epave, alte conducte sau cabluri) stratul de protecție al conductei nefiind deteriorat.

4.1.2.3. Pozarea conductelor prin remorcare pe fundul apei

Dintre metodele de pozare a conductei prin remorcare, metoda de pozare a conductelor prin remorcare pe fundul apei este, în prezent, cea mai practică (fig. 4.19). Această metodă a fost utilizată pentru prima dată în anul 1976, în Marea Nordului, când trei tronsoane de conductă având un diametru de 32 țoli, au fost pozate la o adâncime de aproximativ 100 m, după ce au fost imersate pe fundul mării de pe o barjă de pozare convențională şi apoi remorcate. Ulterior, metoda a fost utilizată şi la adâncimi mai mari. Spre deosebire de celelalte metode de pozare a conductelor prin remorcare, această metodă necesită, în principal, găsirea în prealabil a unor criterii de stabilitate a tronsonului de conductă în timpul remorcării. Dintre acestea, cele mai importante sunt cele referitoare la condițiile mediului subacvatic (curenți, adâncime), la relieful fundului mării şi la uzura stratului de protecție al conductei. Este deosebit de importantă stabilirea nivelului de eroziune al stratului de protecție din beton al conductei în timpul remorcării pe fundul apei. Această eroziune este în funcție de greutatea conductei, de viteza de remorcare, de tipul stratului de protecție al conductei, precum şi de natura fundului mării. De aceea, este foarte important să se cunoască exact natura şi relieful fundului mării pe toată lungimea traseului de remorcare a conductei.

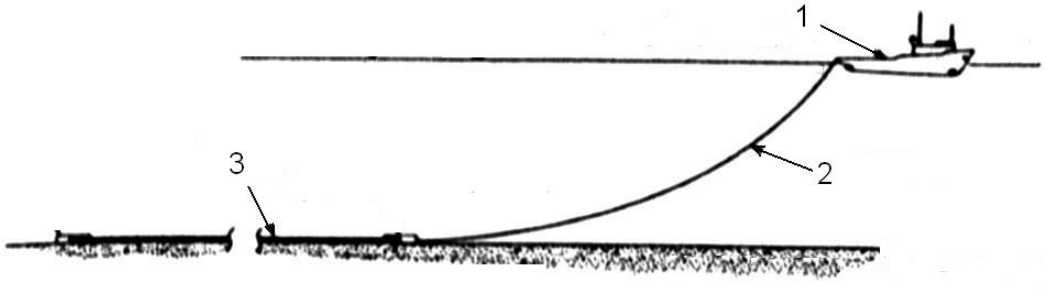


Fig. 4.19. Pozarea conductei submarine prin remorcare pe fundul apei:
1– remorcher; 2– cablu de remorcare; 3– conductă.

Efectuarea unei inspecții detaliate a traseului este deosebit de importantă, aceasta efectuându-se, în principal, cu ajutorul scafandrilor. Pentru ca traseul să fie acceptat, acesta nu trebuie să aibă obstrucții ca formațiuni strâncoase, șanțuri, alte conducte sau cabluri, epave etc.

La locul de pozare, tronsonul de conductă este amplasat la o anumită distanță față de punctul de conectare care poate fi de 3...9 m. Conectarea la structura submersă (coloană montantă sau cap de erupție), se poate efectua cu ajutorul unor tronsoane de conductă suplimentare, prin sudare, sau cu flanşe. Conectarea poate fi realizată de către scafandri fie în mediu umed, fie în mediu uscat utilizând chesoane hiperbare.

Principalul avantaj pe care-l prezintă metoda de pozare a conductelor prin remorcarea pe fundul apei, este costul mai scăzut comparativ cu prețul de la metoda de pozare de pe o barjă convențională.

4.1.3. POZAREA SUB APĂ A CONDUCTELOR DIN BETON

Conductele din beton sunt conducte întâlnite mai puțin în lucrările offshore, față de conductele din oțel, fiind utilizate mai mult la lucrările de pozare din apele interioare (lacuri, râuri).

Conductele din beton armat pot fi de tip monolit, turnate pe loc, din beton armat prefabricat centrifugat, prefabricate precomprimat, vibrovacumate etc.

Îmbinarea tuburilor între ele se face prin mufe solidare cu tubul, iar etanşarea se realizează cu garnituri inelare din cauciuc.

În România, tuburile din beton precomprimat sunt de tip PREMO. Tuburile PREMO sunt tuburi de presiune din beton precomprimat, având lungimea utilă a tubului de 5 m. Tuburile se execută în mod curent pentru diametre interioare de 400, 600, 800 şi 1000 mm şi pentru o presiune maximă de 2,5; 4; 6 şi 10 bar.

Garniturile inelare din cauciuc, se utilizează pentru realizarea etanşeității. Garniturile sunt de secțiune circulară, montate câte una la fiecare 5 m lungime de tub. Pentru tuburile de 400, 600 şi 800 mm secțiunea inelului de cauciuc are diametrul de Φ 20 mm, iar pentru cele de 1000 mm are diametrul de Φ 25 mm.

Îmbinarea tuburilor PREMO se face cu mufe şi constă din asamblarea unui tub cu celălalt (introducerea capului drept prevăzut cu garnitură din cauciuc în mufa tubului montat înainte), în aşa fel încât să se asigure etanşeitatea necesară bunei

funcționări a conductei. Operația de îmbinare a tuburilor se execută sub apă de către scafandri, fiind de fapt operațiunea de pozare a conductei din beton. Spre deosebire de conductele din oțel, conductele din beton se pozează direct într-un şanț (tranşeu) săpat anterior. Adâncimea de îngropare a tuburilor din beton în tranşee este de 0,5...5 m în funcție de diametrul tuburilor. Tuburile de fabricație curentă se îngroapă cu o acoperire de 1...3 m peste creasta tubului. În prealabil, pe fundul şanțului, scafandrii poziționează suporturi speciale de forma unor cavaleți pe care se va sprijini conducta (fig. 4.20).

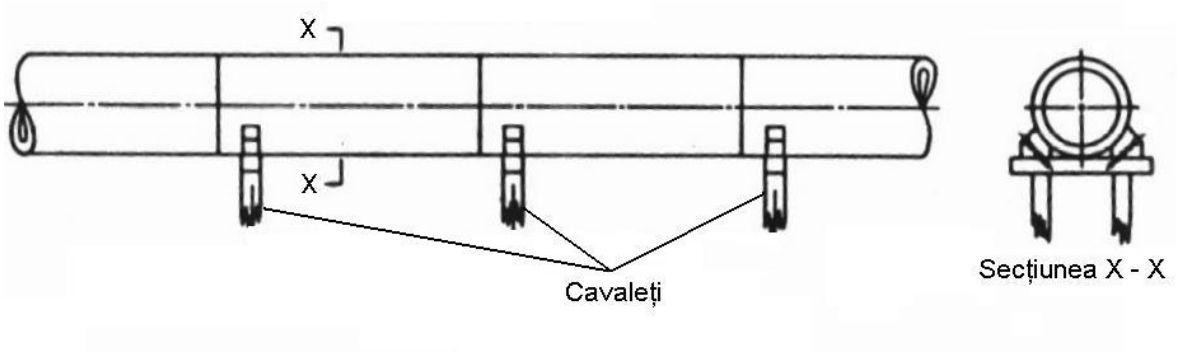


Fig. 4.20. Poziționarea conductei din beton pe fundul apei.

În vederea executării îmbinării sunt necesare unele dispozitive auxiliare cum ar fi: palancuri diferențiale de 1,5...3 tf, parâme din oțel de 10 mm diametru şi de lungime corespunzătoare diametrului exterior al tubului prevăzut cu gaşe la ambele capete. După coborârea primului tub în şanț, scafandrii verifică ca tubul să reazeme pe cavaleți pe toată lungimea lui şi să fie aşezat pe axul şanțului. Modul de îmbinare a tuburilor este prezentat în figura 4.21. Pe tubul montat în şanț se fixează în spatele mufei un cablu. Se coboară în şanț al doilea tub, care are fixat un cablu din oțel în spatele capului drept, la 1,5...2 m şi se aduce tubul la aproximativ 5 cm de primul tub. Se centrează cu atenție tubul al doilea față de primul tub şi, în momentul când poziția este bună, se rulează garnitura din cauciuc spre capătul tubului al doilea. Se montează un palanc diferențial pe mufa primului tub şi se ancorează de parâma din oțel din spatele mufei şi de parâma de pe tubul al doilea. Scafandrul manevrează palancul diferențial trăgând tubul al doilea spre primul tub în aşa fel încât să intre capătul drept al tubului al doilea în mufa primului tub. Trebuie acordată o deosebită atenție ca garnitura să ruleze în mod uniform pe toată suprafața. Poziția corectă a garniturii asigură etanşeitatea îmbinării. Se acordă o deosebită atenție centrării tuburilor. Se recomandă ca scafandrul să verifice din interior respectarea unei distanțe minime de 4...10 mm între capul tubului şi interiorul mufei. Acest spațiu trebuie să fie egal cu perimetrul mufei.

În urma manipulării, transportului şi montării tuburilor, pot apărea defecțiuni. În cazul în care garnitura iese din lăcaş, se montează o piesă de strângere a garniturii (fig. 4.22). Dispozitivul se compune din două flanşe care se asamblează de o parte şi de alta a mufei şi care se strâng cu şuruburile respective. O dată cu strângerea şuruburilor se strânge şi o nouă garnitură din cauciuc exterioară mufei. Garnitura se taie în lung, se aplică peste tub şi se lipesc capetele la rece.

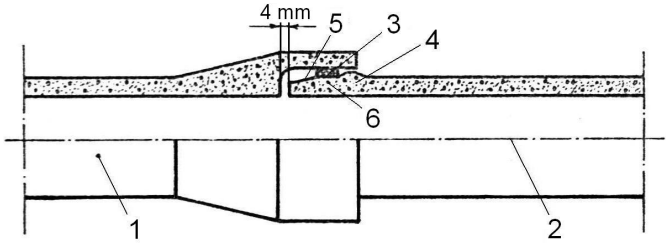


Fig. 4.21. Modul de îmbinare a tuburilor precomprimate din beton armat: 1, 2– tuburi; 3– garnitură din cauciuc; 4– profil al tubului; 5– porțiunea conică; 6– porțiunea cilindrică.

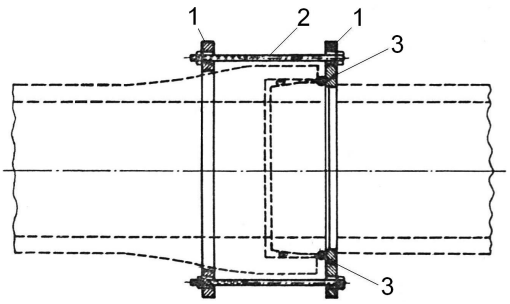


Fig. 4.22. Montarea dispozitivului de strângere a garniturii la mufă: 1– flanşe; 2– şuruburi; 3– garnitură din cauciuc.

În cazul pierderilor de apă prin pereții tubului, se înlocuieşte tubul defect. În acest caz, scafandrii trebuie să spargă tubul pe o fâşie de aproximativ 20 cm lățime, având astfel posibilitatea scoaterii din şanț a bucății de tub defectă. Partea de tub defectă se înlocuieşte cu alt tronson de tub, identic ca dimensiuni, în bună stare. Etanşarea locului spart se face prin montarea de către scafandri a unei piese metalice cu mufă de tip special M.T. (fig. 4.23). Manşonul M.T. ce se trece pe sub tub este compus dintr-un tub din oțel, cu două flanşe de strângere a garniturii, cu două garnituri circulare din cauciuc şi cu buloane de strângere.

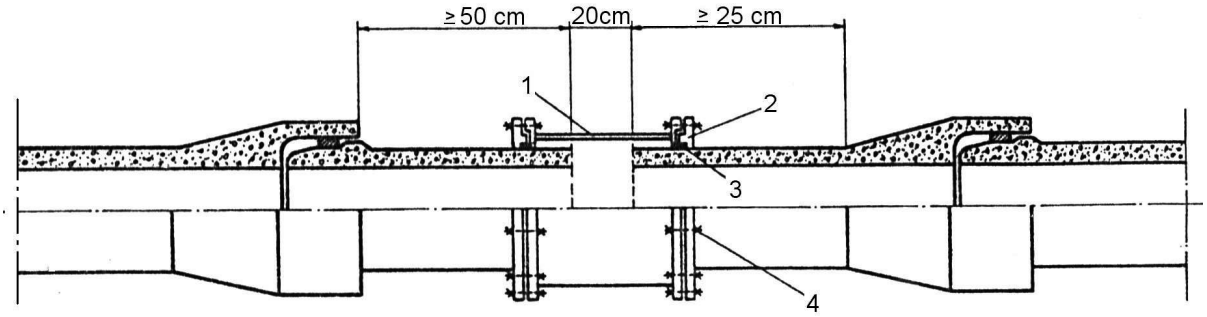


Fig. 4.23. Montarea unei piese metalice cu mufă de tip special:
1– tub din oțel; 2– flanşe; 3– garnitură din cauciuc; 4– buloane de strângere.

În cazul executării unui branşament la conducta ce se află montată, acesta se face cu un manşon trecut pe tub. Pe partea cilindrică a tubului cu mufă M.T. se sudează un ştuț din oțel cu flanşe pentru legarea conductei de branşament.

4.2. ÎNGROPAREA CONDUCTELOR SUBMARINE

Conductele amplasate pe fundul mării pun probleme deosebit de grele de stabilitate, în special în zonele cu apă de adâncime redusă, unde propagarea valurilor de diferite înălțimi şi perioade provoacă modificări de mare amplitudine a adâncimilor. De aceea, asigurarea unei poziții fixe pentru conducta de transport a hidrocarburilor lichide sau gazoase este foarte dificilă. În zonele cu apă mai adâncă,

trebuie ținut seama şi de adâncimea de scufundare în nisip a ancorelor vaselor de mare tonaj sau a traulerelor de pescuit. Ancorele au greutatea cuprinsă între 5 tf şi 20 tf, şi, în condiții obişnuite, se pot scufunda în nisip până la 1...2,25 m. De asemenea, porțiunea de conductă aşezată pe fundul mării, la adâncimi la care materialul aluvionar este pus în mişcare de valuri, are nevoie de sisteme de ancorare de tipul unor tiranți cu disc de ancorare sau blocuri din beton şi anrocamente.

Atunci când îngroparea conductei se face în lacuri şi pe o lungime mică, şanțul conductei poate fi efectuat cu ajutorul screperului sau cu o dragă. Pentru lungimi mai mari de conductă, aşa cum este cazul conductelor offshore, această metodă este mult prea costisitoare şi lentă.

Barjele pentru sifonare sunt prevăzute fie cu instalații pentru scufundare cu alimentare de la suprafață, fie cu sisteme de scufundare în saturație, în funcție de adâncimea la care se efectuează îngroparea conductei.

Îngroparea unei conducte se face fie direct, cu barja care pozează conducta, fie cu o barjă special concepută pentru operații de îngropare (fig. 4.24).

Fig. 4.24. Barje folosite pentru îngroparea conductelor submarine.

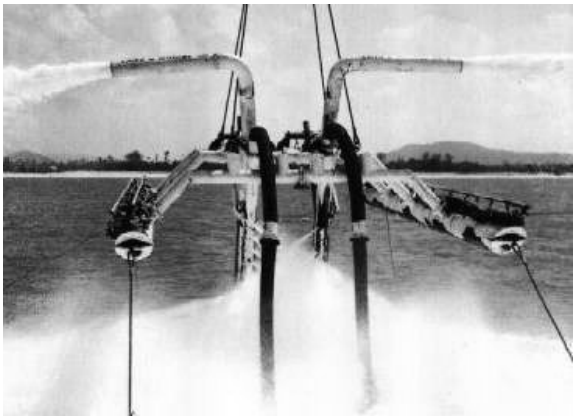


Fig. 4.25. Plug hidraulic pentru îngroparea conductelor.

Sifonarea conductei se face cu ajutorul unui dispozitiv numit plug hidraulic care îngroapă conducta în fundul mării cu ajutorul unor duze prin care iese un jet de apă la presiune înaltă (fig. 4.25). Plugurile hidraulice pot fi de mai multe tipuri şi mărimi dar, în general, posedă aceleaşi elemente principale, prezentate în cele ce urmează. Plugul hidraulic este prevăzut cu două rânduri de duze, poziționate vertical. Duzele din fiecare rând sunt burate, unele fiind îndreptate înainte, altele în jos, iar altele înspre conductă. Presiunea apei transmisă duzelor poate fi de 20...70 bar. În spatele duzelor, se află două sau trei seturi de role verticale care au rolul de a rula pe

lângă conductă ghidând astfel plugul. În spatele lor, se află două role orizontale acoperite cu cauciuc, care au rolul de a rula pe conductă în poziția cea mai adâncă de sifonare a plugului.

Plugurile hidraulice sunt prevăzute cu două țevi având un diametru cuprins între 8 țoli şi 18 țoli situate în spatele celor două rânduri de duze. Aceste țevi funcționează ca un air-lift şi au rolul de a aspira nămolul sau nisipul din şanț rezultat din acțiunea jetului de apă al duzelor, şi care poate fi refulat fie sub apă lângă şanț, fie la suprafață. Sistemul de aspirație a nămolului cu air-lift se utilizează pentru îngroparea conductelor până la adâncimea de 45...60 m. Pentru lucrări de îngropare la adâncimi de peste 60 m se utilizează sistemul de absorbție cu dragă absorbantă ce foloseşte apa în locul aerului (fig. 4.26). Duzele, împreună cu conductele de aspirație sunt montate pe două pontoane din oțel (fig. 4.27).

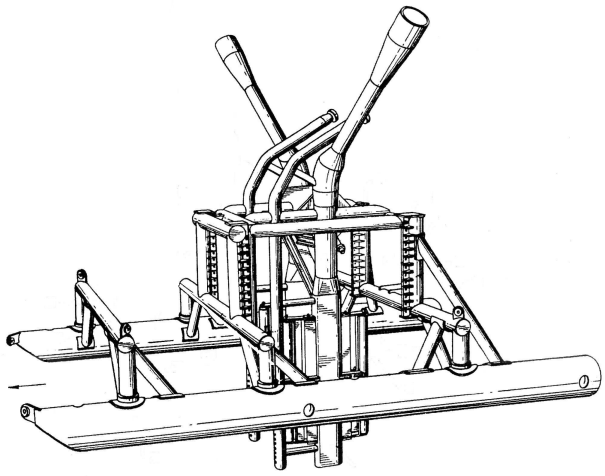


Fig. 4.26. Plug hidraulic prevăzut cu sistem de absorbție cu dragă absorbantă.

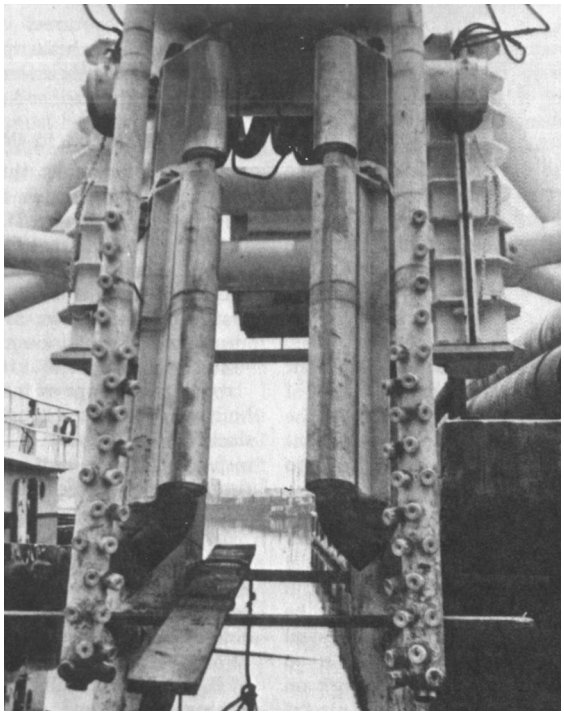


Fig. 4.27. Plug hidraulic cu duze şi conducte de aspirație. Se observă rolele de înaintare pe conducta submarină.

Barjele care efectuează sifonări sunt prevăzute la pupa cu pompe de absorbție de mare capacitate şi randament (aproximativ 80 m^3/min la o presiune maximă de 175 bar (sc.man.)) care sunt conectate cu plugul printr-un sistem de conducte metalice şi furtunuri flexibile din cauciuc. Fluidul absorbit şi apa necesară duzelor, sunt transmise de la pupa barjei prin intermediul a două conducte conectate în partea superioară sub forma unui arc. Aceste conducte pot avea un diametru de 20 țoli sau mai mult şi o lungime de 18...24 m şi sunt conectate de pupa barjei printr-un sistem prevăzut cu țâțână permițând ansamblului de conducte să fie rotit până la 140^0. Ridicarea şi coborârea ansamblului de conducte se face cu ajutorul unui portic.

În timpul sifonării, barja înaintează în acelaşi mod ca în timpul poziţionării conductei. Mişcarea de înaintare a barjei este transmisă plugului hidraulic printr-un cablu care porneşte de la un vinci, peste provă, apoi pe sub întrega lungime a barjei la plug, la pupa (fig. 4.28). Acest cablu este conectat de un jug, care este fixat apoi la capetele pontoanelor şi este prevăzut cu un tensiometru pentru monitorizarea întinderii acestuia. De asemenea, pentru monitorizare toate perechile de role sunt prevăzute cu senzori de greutate pentru determinarea corectă a poziţiei plugului pe conductă şi a traseului conductei pe fundul apei.

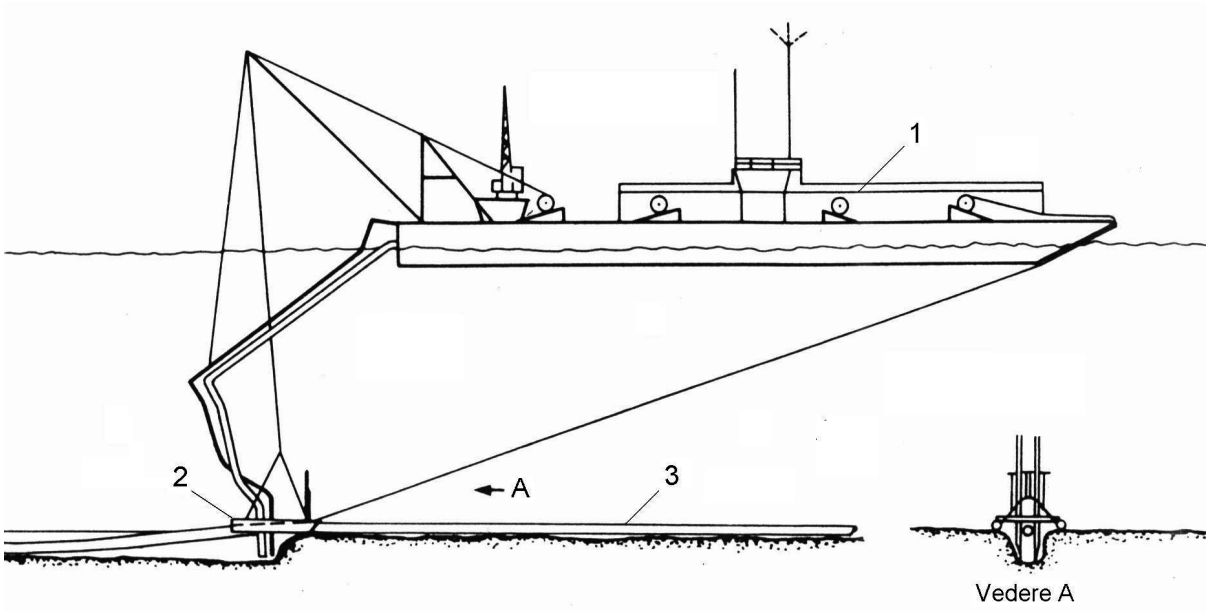


Fig. 4.28. Schema operaţiei de îngropare a unei conducte submarine cu plug hidraulic remorcat de barjă: 1– barjă; 2– plug hidraulic; 3– conductă.

4.2.1. EFECTUAREA ÎNGROPĂRII CONDUCTELOR SUBMARINE

Sifonarea unei conducte începe de la capătul de lângă jacket. Înainte de începerea sifonării, scafandrul trebuie să procedeze la slăbirea piuliţelor şi buloanelor clamelor riser-ului, pentru ca acesta să fie coborât pe fundul apei. După efectuarea acestei operaţiuni, scafandrul trebuie să efectueze o inspecţie în zona din apropierea riser-ului, deoarece aici se poate găsi o serie întreagă de deşeuri care ar putea împiedica efectuarea corespunzătoare a sifonării (cabluri, piese metalice, tronsoane de ţeavă, lanţuri etc.). Acestea trebuie ridicate la suprafaţă. După ce locul a fost curăţat, se coboară plugul în apă până la adâncimea de 4,5...6 m distanţă de fund. Plugul este apoi ghidat, cu ajutorul scafandrilor, deasupra conductei, cât mai aproape de riser. Se recomandă ca această operaţiune să fie efectuată numai cu echipament de scufundare cu alimentare de la suprafaţă datorită necesităţii transmiterii de indicaţii prin radio.

Dacă fundul mării este constituit din nămol, plugul hidraulic va penetra nămolul, permiţând pontoanelor să se aşeze. Dacă natura fundului este nisipoasă, plugul trebuie aşezat în timp ce funcţionează, pentru a sifona un şanţ de aproximativ 2...3 m pe care să se aşeze, permiţând astfel pontoanelor să stea pe fund.

Înainte de începerea sifonării conductei cu plugul hidraulic, se execută sifonarea manuală, de către scafandri, a porțiunii de sub cotul riser-ului. Unele tipuri de pluguri sunt prevăzute, special pentru această operațiune, cu duze atât în spate cât şi în față, acționate cu ajutorul unor vane speciale. Sifonarea manuală executată de către scafandri, se efectuează cu ajutorul unui dispozitiv în formă de T prevăzut în centru cu o țâțână şi alcătuit din două duze similare celor de la capetele furtunurilor de pompieri. Acestea sunt poziționate în stânga şi în dreapta, una fiind folosită de scafandru pentru efectuarea sifonării, iar cealaltă ca refulator pentru compensarea presiunii. Dispozitivul este alimentat cu apă prin intermediul unui furtun din cauciuc, de la suprafață, unde se află o pompă. Presiunea apei furnizată la duză este de aproximativ 20...35 bar. În momentul pornirii debitului de apă, scafandrul trebuie să acorde o atenție deosebită dispozitivului, deoarece acesta va avea o flotabilitate pozitivă. Sifonarea manuală se execută mai uşor dacă este executată în curent, pentru ca acesta să îndepărteze materialul rezultat din acțiunea jetului. Dispozitivul nu trebuie niciodată lăsat liber în funcțiune datorită pericolului ca scafandrul să vină în contact cu jetul de apă şi, de asemenea, datorită faptului că acesta poate săpa în fundul mării, devenind în scurt timp aproape imposibil de recuperat. Datorită greutății mari a furtunului încărcat cu apă, ridicarea lui la suprafață în mod manual este foarte dificilă. De aceea, se recomandă instalarea la dispozitiv a unei vane şi cuplarea acestuia la o sursă de aer, după ce activitatea de jetisonare manuală a fost efectuată; aerul eliminând apa va umple furtunul, făcând ca acesta să plutească, fiind apoi recuperat cu uşurință.

După efectuarea sifonării sub riser, plugul este pus în funcțiune sifonând aproximativ 60 m de conductă. Se efectuează o verificare a şanțului de către scafandru, iar dacă acesta este corect realizat, plugul este readus lângă riser. Scafandrul efectuează o nouă verificare sub riser şi a conductei. În timpul acestei verificări, scafandrul nu trebuie să se poziționeze sub riser sau conductă, deoarece acestea pot să cadă în mod imprevizibil.

Dacă şanțul sub riser este corespunzător, se procedează la coborârea riser-ului în şanț, cu ajutorul palancurilor diferențiale, a vinciurilor şi a parâmelor metalice. După ce riser-ul a fost coborât, scafandrul procedează la strângerea buloanelor şi piulițelor clamelor riser-ului cu ajutorul cheii cu şocuri acționată pneumatic sau hidraulic. Când toate clamele riser-ului au fost strânse, plugul este pus din nou în funcține pentru a continua sifonarea conductei. În timpul operațiunii de sifonare, scafandrul trebuie să efectueze verificări periodice ale şanțului, plugului şi conductei.

Se recomandă ca aceste verificări periodice să fie efectuate cu echipament de scufundare cu alimentare de la suprafață şi, în special, ca scafandrul să fie echipat cu o cască rigidă. Casca rigidă este necesară atât pentru protecția capului scafandrului, dar şi pentru realizarea de comunicații radio corespunzătoare, acestea fiind îngreunate de zgomotul exterior produs de funcționarea jeturilor de apă ale duzelor plugului. De asemenea, scafandrul trebuie să poarte o butelie de securitate şi o vestă de salvare.

Este necesar ca scafandrul să se poziționeze sub curent, pentru a preveni o încurcare a ombilicalului în plug. Trecerea dintr-o parte în alta, se efectuează numai pe deasupra plugului, în zona jugului şi a cablului de susținere. Scafandrii efectuează verificarea adâncimii şanțului, care trebuie să fie de 1...3 m, cu ajutorul unei probe,

mergând de-a lungul şanţului. Atunci când efectuează verificările periodice ale plugului, scafandrii trebuie să verifice poziţia jugului faţă de conductă, pentru a determina dacă barja se află pe direcţia conductei şi dacă înaintează în direcţia corespunzătoare. Distanţa jugului faţă de fundul apei trebuie să fie aproximativ 1...5 m şi de 0,6...1 m de o parte sau de cealaltă a conductei. Aceste poziţii sunt comunicate de scafandri la suprafaţă prin radio. De asemenea, scafandrii trebuie să verifice poziţia furtunurilor flexibile din cauciuc, care nu trebuie să fie nici prea strânse, deoarece fluidele din interior nu vor mai avea un debit corespunzător şi nici prea largi deoarece se află în şanţul conductei, deteriorându-se. După verificarea furtunurilor plugului, scafandrii trebuie să verifice distanţa rolelor orizontale ale plugului faţă de conductă.

Scafandrii se deplasează apoi în spatele plugului, pe conductă, la o distanţă de 2 sau 3 îmbinări sudate, controlând mai întâi dacă sunt defecţiuni ale stratului de protecţie a conductei. În locul unde conducta atinge fundul şanţului, scafandrii trebuie să efectueze măsurători de adâncime cu ajutorul sondelor de adâncime. Măsurătorile se iau pe conductă, pe fundul şanţului şi pe fundul natural al mării. Se recomandă ca măsurătorile la fundul şanţului să nu fie luate sub conductă, deoarece aceasta se aşează în mod continuu în timp ce este sifonată. Măsurătorile la fundul natural al mării trebuie luate la o distanţă de aproximativ 3 m pe şanţul conductei. După efectuarea acestor măsurători, scafandrii se reîntorc la plug pe partea de sub curent, urmând „brazda” lăsată de pontoanele plugului, apoi se ridică la suprafaţă.

Uneori, conducta care trebuie pozată este prevăzută cu o vană pentru efectuarea ulterioară a unui branşament la o altă conductă submersă ce va fi pozată ulterior.

Vana este balizată şi/sau marcată cu un pinger. Când barja a ajuns în apropierea vanei, scafandrii efectuează o scufundare de la prova pentru a o localiza. Vana este acoperită de un gard din metal pentru a fi protejată de eventualele traulere ale navelor de pescuit. Gardul trebuie îndepărtat de către scafandri înainte ca vana să fie sifonată. Gardul protector este fixat cu ajutorul şuruburilor însă, datorită coroziunii sau defectării filetelor acestora, trebuie tăiat prin procedeul oxi-arc. După ce a fost tăiat, gardul protector este ridicat pe barjă.

Datorită faptului că vana este montată la o distanţă de 0,6...1 m deasupra conductei, şanţul trebuie adâncit corespunzător pe o distanţă de 60...90 m de o parte şi de alta a vanei. Cu aproximativ 90 m înainte de vană, plugul este ridicat pe barjă şi adaptat pentru a sifona mai adânc, apoi este repus pe conductă. După ce plugul a fost reaşezat pe conductă, scafandrii execută o scufundare pentru a lega un capăt al unei saule pe sub barjă, la o distanţă de aproximativ 3 m înaintea vanei, apoi revin la suprafaţă. De la celălalt capăt, saula este recuperată progresiv de pe barjă pe măsură ce barja înaintează sifonând conducta, până când saula ajunge în poziţie verticală cu pupa barjei. Scafandrii efectuează o nouă scufundare pentru a ghida plugul să sifoneze cât mai aproape de vană. Pentru a realiza aceasta, scafandrii trebuie să lege, în prealabil, o saulă de vană, având un nod la o distanţă de 0,6...1 m înaintea vanei. Plugul înaintează apoi sifonând până când ajunge la nodul de pe saulă. În această poziţie, plugul staţionează 5 sau 6 minute pentru a efectua o gaură, după care se opreşte funcţionarea acestuia. Plugul este ridicat şi aşezat în partea cealaltă a vanei. Înainte ca plugul să fie ridicat, barja se deplasează înapoi pe o anumită distanţă, deoarece cablurile plugului, fiind încă în tensiune, pot deteriora vana atunci când

plugul este ridicat pentru a fi poziționat în partea cealaltă a vanei. Scafandrii trebuie să se asigure că plugul este ridicat suficient de mult pentru a nu permite mişcărilor valurilor să împingă plugul în vană, deteriorând-o. Apoi, scafandrii direcționează prin radio ca barja să înainteze o anumită distanță, după care repoziționează plugul pe conductă în partea cealaltă a vanei şi cât mai aproape de aceasta. Apoi, barja înaintează sifonând conducta pe o distanță de aproximativ 90 m, după care plugul este din nou ridicat la suprafață, iar barja se întoarce înapoi la vană. Vana este inspectată apoi de către scafandri pentru a determina dacă a fost sifonată la adâncimea corespunzătoare. În caz contrar, sifonarea trebuie executată manual de către scafandri. Dacă vana este sifonată la adâncimea corespunzătoare, plugul este readus în poziția normală de sifonare, continuându-se sifonarea conductei până când este întâlnită o nouă vană.

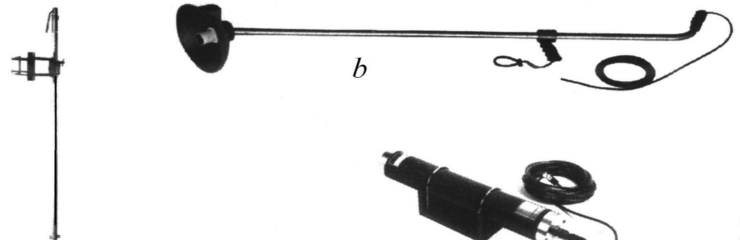


Fig. 4.29. Antene direcționale pentru localizarea tronsoanelor submarine: *a* – antenă montată pe ambarcațiuni; *b* – antenă de mână pentru scafandri; *c* – antenă montată pe submersibil sau pe ROV.

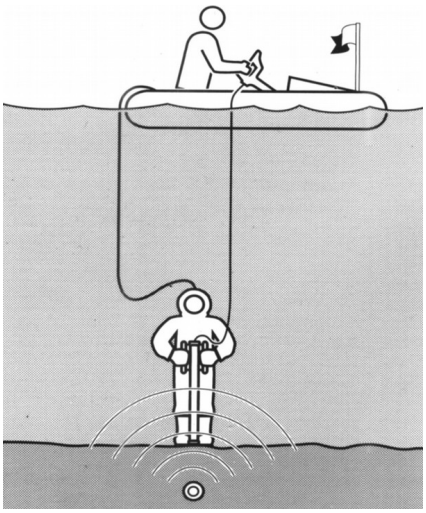


Fig. 4.30. Localizarea conductei submarine de către un scafandru folosind o antenă specială radiolocatoare.

De asemenea, în timpul operațiunii de sifonare a conductei, este posibil ca să se întâlnească şi o altă conductă care a fost sifonată anterior, într-un loc numit punct de intersecție. Dacă această primă conductă a fost recent sifonată, este marcată cu balize, apropierea cu plugul făcându-se ca la o vană. Dacă conducta nu a fost recent sifonată, atunci localizarea ei se face cu ajutorul unui magnetometru sau a unei antene direcționale speciale (fig. 4.29), de pe o navă-suport ce efectuează operațiunea de localizare înaintea barjei. După localizare, conducta se balizează, apropierea cu plugul realizându-se ca la vană. În cazul în care locul conductei sifonate anterior nu este cunoscut, localizarea acesteia trebuie efectuată de către scafandri prin verificare înaintea plugului, atunci când barja ajunge în apropiere. Scafandrii efectuează cercetarea cu ajutorul unei antene speciale (fig. 4.30) conectată la suprafață, umblând şi verificând fundul cu proba în fața plugului şi a barjei, pe o distanță de aproximativ 30 m, după care leagă o saulă de conducta care se sifonează şi se reîntorc la suprafață. Saula este recuperată pe măsură ce barja înaintează întocmai ca pentru apropierea de o

vană, iar când a ajuns în poziție verticală cu pupa barjei, pompele se opresc, iar scafandrii cercetează încă o distanță de 30 m sau până când localizează cealaltă conductă. Este posibil ca cealaltă conductă să poată fi localizată după „brazda" plugului anterior. În cazul în care prima conductă nu poate fi localizată, plugul poate deteriora conducta anterioară în mod foarte serios.

Dacă conducta sifonată anterior a fost localizată, iar în punctul de intersecție unghiul de intersecție este de 90^0, plugul poate fi poziționat îndeajuns de aproape pentru a sifona şi pe sub prima conductă în partea cealaltă a punctului de intersecție. Dacă unghiul de intersecție este mic, plugul trebuie oprit cu mult înainte de punctul de intersecție, iar sifonarea care nu poate fi efectuată cu plugul, va fi efectuată manual de către scafandri.

Datorită necesității menținerii unei distanțe minime de 0,6...1 m între cele două conducte la punctul de intersecție, plugul trebuie readaptat pentru a sifona un şanț mai adânc decât în mod normal, pe o lungime de aproximativ 90 m în toate cele patru direcții ale punctului de intersecție. Dacă prima conductă nu este îngropată suficient de adânc, pentru a avea distanța necesară între cele două conducte şi pentru îngroparea corespunzătoare a celei de a doua conducte, atunci prima conductă trebuie, de asemenea, sifonată pe o distanță de aproximativ 90 m de fiecare parte a punctului de intersecție. Pentru aceasta, se procedează la ridicarea plugului cu aproximativ 90 m înaintea punctului de intersecție şi readaptarea lui pentru o sifonare mai adâncă, după care se reaşează pe conductă. După ce plugul a efectuat sifonarea mai adâncă, până aproape de punctul de intersecție, plugul este ridicat, iar barja este aliniată cu prima conductă. Barja trebuie să se deplaseze înapoi până la aproximativ 90 m de punctul de intersecție. După ce plugul este poziționat şi sifonează prima conductă până în apropierea punctului de intersecție, este ridicat peste conducta a doua şi repoziționat. Apoi barja înaintează încă 90 m de partea cealaltă a punctului de intersecție. După ce prima conductă a fost sifonată mai adânc pe o distanță de 90 m de fiecare parte a punctului de intersecție, barja este întoarsă şi aliniată cu cea de-a doua conductă.

După efectuarea acestei operațiuni în punctul de intersecție, prima conductă se află în şanț la o distanță de aproximativ 2 m față de cea de-a doua conductă, care este acum în poziție suspendată deoarece a fost sifonată numai într-o parte a punctului de intersecție. Dacă distanța dintre cele două conducte, din specificațiile tehnice, este de 1 m, peste prima conductă trebuie aşezați saci cu nisip sau cu ciment. Sacii sunt coborâți scafandrilor cu ajutorul unui paner sau a unui sling care are două sapane prinse permanent cu două chei de împreunare, iar celelalte două prinse cu cârlige boțate. Scafandrii aşează panerul sau sling-ul într-o poziție corespunzătoare, după care taie boțarea cârligelor, desprinzându-le. Panerul sau sling-ul este ridicat de la suprafață răsturnând sacii în şanț peste conductă, după care scafandrii îi aşează pe o distanță de 2,5...3 m şi pe o înălțime corespunzătoare. După ce scafandrii au aşezat sacii între cele două conducte, aceştia revin la suprafață. Plugul este poziționat de partea cealaltă a punctului de intersecție pentru a sifona mai adânc a doua conductă pe o distanță de 90 m. După efectuarea acestei sifonări, plugul este ridicat, iar barja se înapoiază la punctul de intersecție. Scafandrii trebuie să efectueze, cu ajutorul sondei de adâncime, măsurători de adâncime la fundul sanțului, pe prima conductă, pe conducta a doua şi pe fundul natural al mării. Dacă spațiul dintre cele două conducte este suficient de mare, iar adâncimea şanțului celei de-a doua conducte este, de asemenea suficient de mare, atunci operațiunea este efectuată în întregime. Uneori,

este necesar ca scafandrii să aşeze un număr suplimentar de saci cu nisip sau cu ciment peste punctul de intersecţie pentru fixarea acestuia.

După efectuarea acestor operaţiuni, plugul este readus în poziţie de sifonare normală, reaşezat pe conducta a doua, iar sifonarea continuată.

Dacă la celălalt capăt al conductei, se află tot un jacket şi un riser, procedura este asemănătoare celei de la începutul operaţiunii de sifonare.

4.2.2. POZIŢIONAREA PLUGULUI PE CONDUCTĂ ÎN CONDIŢII DE MARE AGITATĂ

Uneori, este necesar ca operaţiunea de sifonare a unei conducte să fie efectuată în orice condiţii, chiar pe mare agitată. Aceasta constituie o operaţiune riscantă atât din punct de vedere al siguranţei scafandrului cât şi datorită unor posibile avarii ce ar putea fi produse conductei. Pentru a efectua poziţionarea plugului pe conductă în mare agitată, se pot folosi două proceduri.

În cazul primei proceduri, plugul este coborât în apă până la o adâncime de aproximativ 6...9 m de fund. Scafandrii coboară în apă şi leagă o saulă de 15 m lungime de spatele plugului, apoi coboară pe fundul apei, localizează conducta şi leagă saula de conductă. Apoi, se reîntorc la plug, poziţionându-se pe acesta cu faţa spre spatele plugului, iar prin comenzi radio manevrează barja până când saula ajunge în poziţie verticală. Folosind saula ca ghid, scafandrii coboară plugul poziţionându-l pe conductă. În cazul celei de-a două proceduri, scafandrul ia cu el două bucăţi de saulă de 3 m lungime fiecare şi le leagă într-o parte şi cealaltă a părţii din spate a plugului. Apoi, aşezat pe conductă şi având o saulă în mâna stângă şi una în mâna dreaptă, scafandrul ghidează prin radio aşezarea plugului de conductă.

O altă modalitate de a sifona conducta este metoda prin poziţionarea plugului la prova barjei. În acest fel, plugul este tras de barjă înaintea conductei, efectuând, mai întâi, şanţul în care se pozează conducta. Această metodă prezintă avantajul că sifonarea se poate efectua de pe aceeaşi barjă, simultan cu pozarea conductei, nemaifiind necesară o barjă specială pentru sifonarea ulterioară a conductei.

4.2.3. ÎNGROPAREA CONDUCTEI CU AJUTORUL EXPLOZIVILOR

Utilizarea explozivilor pentru excavarea şanţurilor pentru pozarea conductelor sau a cablurilor submerse, reprezintă o metodă rapidă şi convenabilă. Se recomandă ca, atunci când este posibil, întrega lungime a şanţului să fie realizată cu o singură încărcătură explozibilă. În cazul în care fundul apei este moale (nisip cu mâl sau mâl), metoda cea mai potrivită este prin alcătuirea unei singure lungimi de cartuşe cu exploziv (dinamită RA) prinse cap-la-cap pe o parâmă şi lestate pe fundul apei. Întreaga încărcătură poate fi iniţiată cu o lungime de fitil detonant în contact cu toată lungimea încărcăturii. Atunci când este necesară efectuarea unui sanţ mai lat sau mai adânc, sau când se întâlneşte un fund pietros, este necesar să se efectueze găuri în fundul apei. De exemplu, trebuie efectuat un şanţ de 2 m adâncime pentru a poza o conductă de gaz de 120 m lungime şi 18 ţoli diametru. Se fac două rânduri de găuri adânci de 2,75 m, la o distanţă de 0,6 m între ele. Găurile din fiecare rând sunt la 1,3 m distanţă între ele. Se utilizează aproximativ 450 kg de dinamită RA.

Toate operaţiile privind îngroparea conductelor submarine cu ajutorul explozivilor, sunt executate de către scafandri specialişti în lucrul cu explozivi.

4.3. EXEMPLE DE ACTIVITĂȚI SUBACVATICE CU SCAFANDRI ÎN CADRUL LUCRĂRILOR DE POZARE ŞI ÎNGROPARE A CONDUCTELOR SUBMARINE

În cadrul lucrărilor subacvatice de pozare şi îngropare a conductelor submarine, scafandrii au un rol determinant, activitățile acestora necesitând o calificare înaltă în acest domeniu. Dintre aceste activități efectuate de scafandri sunt menționate în continuare.

a) În cadrul lucrărilor de pozare a conductelor submarine:

- cuplarea parâmelor metalice prevăzute cu chei de tachetaj la ochiurile metalice ale pontonului şi la macaraua barjei de la pupa;
- conectarea furtunurilor de ponton în vederea ridicării cu aer a apei din ponton, sau pentru acționarea vanelor de inundare cu fluid hidraulic;
- manevrarea vanelor de inundare şi a robinetelor de aer aferente compartimentelor pontonului;
- fixarea parâmei metalice de ochiul de metal al conductei;
- prinderea parâmei din capătul conductei de unul dintre picioarele jacket-ului;
- inspectarea periodică, în timpul pozării conductei, a pontonului şi a poziției conductei pe acesta;
- inspectarea periodică a amplasării conductei pe fundul mării;
- inspectarea furtunurilor de control ale pontonului ca să nu prezinte volte prea mari;
- verificarea închiderii în mod corespunzător a ghearelor dispozitivului de prindere a pontonului şi a rolelor pontonului;
- verificarea modului în care conducta atinge pontonul;
- verificarea numărului de îmbinări sudate ale conductei ce se află situate între capătul pontonului şi locul unde conducta atinge fundul apei;
- verificarea modului în care conducta este complet ridicată de pe ponton în vederea aşezării pe fundul apei;
- verificarea distanței la care se află capătul conductei față de jacket;
- fixarea riser-ului în prima clamă, ghidând riser-ul prin radio pe măsură ce acesta este coborât;
- eliberarea parâmei metalice care susține capătul conductei de unul dintre picioarele jacket-ului;
- prinderea conductei cu parâmele de metal ale gruielor şi ale macaralei în vederea ridicării conductei la suprafață pentru sudarea riser-ului;
- verificarea cauzei unei eventuale opriri a pig-ului în conductă;
- verificarea poziției pig-ului blocat în conductă cu ajutorul pig-pointer-elor;
- eliminarea porțiunii defecte din conductă prin tăiere oxi-arc sau mecanică, după ce a fost îndepărtat stratul de beton, utilizând lancea de apă;
- verificarea ieşirii apei cu aer comprimat şi semnalizarea ieşirii aerului, pentru ridicarea conductei golită de apă;
- efectuarea îmbinărilor cu flanşe ale capetelor conductelor, după eliminarea porțiunii cu defecte;

- inspectarea locului de amplasare a conductei submarine prin remorcare la suprafață;
- poziționarea pe fundul apei, direct sub conductă, a unor dispozitive de ancorare;
- inspectarea tronsonului de conductă după ce acesta a fost imersat şi ancorat;
- conectarea mecanică sau prin sudură în mediu umed sau în mediu uscat (în chesoane hiperbare), la structura submersă (coloană montantă sau cap de erupție), cu ajutorul unor tronsoane de conductă suplimentare;
- îmbinarea tuburilor din beton tip PREMO sub apă;
- verificarea, după coborârea primului tub de beton în şanț, ca tubul să reazeme pe cavaleți pe toată lungimea lui şi să fie pe axul şanțului;
- manevrarea palancului diferențial în vederea tragerii tubului al doilea spre primul tub pentru îmbinarea prin mufare a acestora;
- spargerea şi scoaterea din şanț a porțiunii defecte a unui tub şi înlocuirea cu un alt tronson, etanşarea efectuându-se prin piese metalice cu mufă de tip special.

b) În cadrul lucrărilor de îngropare a conductelor submarine:

- slăbirea piulițelor şi buloanelor clamelor riser-ului pentru ca acesta să fie coborât pe fundul apei, înaintea începerii sifonării;
- inspectarea zonei din apropierea riser-ului pentru identificarea deşeurilor care ar putea împiedica efectuarea corespunzătoare a sifonării;
- ghidarea plugului deasupra conductei cât mai aproape de riser;
- efectuarea unei sifonări manuale a porțiunii de sub cotul riser-ului;
- strângerea buloanelor şi piulițelor clamelor riser-ului cu ajutorul cheii cu şocuri acționată pneumatic sau hidraulic;
- verificarea adâncimii şanțului submarin;
- verificarea poziției jugului față de conductă pentru a determina dacă barja se află pe direcția conductei şi dacă înaintează în direcție corespunzătoare;
- verificarea poziției furtunurilor flexibile din cauciuc ale plugului;
- verificarea distanței rolelor orizontale ale plugului față de conductă;
- verificarea stratului de protecție a conductei;
- îndepărtarea gardului de protecție a conductei înainte ca vana să fie sifonată;
- legarea unui capăt al unei saule pe sub barjă, la o distanță de aproximativ 3 m înaintea vanei;
- ghidarea plugului în vederea sifonării cât mai aproape de vană;
- asigurarea ridicării plugului suficient de mult pentru a nu permite ca mişcarea valurilor să împingă plugul în vană, deteriorând-o;
- direcționarea prin radio a înaintării barjei pe o anumită distanță, urmată de repoziționarea plugului pe conductă în partea cealaltă a vanei şi inspectarea vanei;
- localizarea conductei sifonate anterior; se efectuează cercetarea cu ajutorul unei antene speciale conectate la suprafață;
- cercetarea pentru localizarea celeilalte conducte;
- efectuarea manuală a sifonării dacă unghiul de intersecție al conductei este mic;

- aşezarea sacilor cu nisip peste conductă;
- măsurarea adâncimii la fundul şanțului, pe prima conductă, pe a două conductă şi pe fundul natural al mării;
- poziționarea plugului pe conductă, pe mare agitată;
- amplasarea explozivilor pentru excavarea şanțurilor de pozare a conductelor submarine.

Pentru toate operațiile efectuate de către scafandri în cadrul lucrărilor de pozare şi îngropare a conductelor submarine, intervențiile subacvatice presupun parcurgerea următoarelor faze:

- inspectarea locului şi determinarea condițiilor specifice de care să se țină seama la pozarea conductelor submarine;
- alegerea echipamentelor de scufundare adecvate şi a tehnologiilor de scufundare optime tipului de activitate subacvatică ce urmează a fi desfăşurată. Pentru astfel de lucrări subacvatice se impune utilizarea aparatelor de respirat sub apă cu alimentare de la suprafață care să asigure un timp de scufundare suficient de mare, comunicarea cu suprafața şi o siguranță sporită a scafandrului;
- alegerea sculelor şi uneltelor necesare efectuării în bune condiții a operațiilor subacvatice;
- realizarea intervenției subacvatice propriu-zise;
- reinspectarea lucrării pentru a se asigura că intervenția subacvatică a condus la rezultatul dorit.

5.

LUCRĂRI SUBACVATICE LA CONSTRUCȚII HIDROTEHNICE. FUNDAȚII EXECUTATE SUB NIVELUL APEI

Datorită faptului că toate lucrările subacvatice aferente construcţiilor hidrotehnice presupun efectuarea de diverse activităţi şi operaţii de către scafandri, atât pentru lucrări la construcţii hidrotehnice aflate în curs de realizare cât şi pentru lucrări de reparaţie şi întreţinere la construcţii hidrotehnice existente, scafandrii specializaţi în astfel de activităţi trebuie să aibă cunoştiinţe generale privind lucrările subacvatice la construcţii hidrotehnice (porturi, construcţii hidroenergetice, căi navigabile etc.), mai ales privind lucrările de fundare sub apă.

Una dintre principalele deficienţe ale turnării betonului sub apă constă în faptul că acesta nu prezintă garanţiile impuse de calitatea cerută de lucrarea subacvatică. De aceea, diferitele prescripţii nu admit executarea unui beton armat turnat sub apă pentru părţile construcţiei subacvatice care sunt solicitate la încovoire sau la forfecare aşa cum este cazul zidăriei de elevaţie a picioarelor de poduri şi baraje. Betonul turnat sub apă se poate folosi numai pentru părţile aflate sub nivelul fundului apei, în elementele solicitate la compresiune. Betonarea sub apă este exclusă în toate cazurile atunci când apa conţine agenţi agresivi (rezultaţi din poluare) pentru cimentul utilizat la protejarea betonului. În general, aceleaşi reguli şi procedee care se folosesc pe uscat sunt folosite şi pentru turnarea betonului sub apă.

5.1. PREPARAREA BETONULUI UTILIZAT LA LUCRĂRILE SUBACVATICE

Pentru prepararea betonului utilizat la lucrări sub apă se foloseşte ciment, agregate, apă şi aditivi.

Cimentul este un material pulverulent de natură bazică, hidrofil şi instabil din punct de vedere chimic. Cimentul folosit pentru prepararea betoanelor utilizate la lucrări de turnare sub apă, este în special cimentul Portland normal.

Utilizarea altor tipuri de cimenturi cum ar fi cele rezistente la agresivitate sulfatică sau cimenturi din alte grupe, trebuie să se bazeze pe aceleaşi criterii care se aplică la orice beton utilizat în acelaşi mediu. Se mai pot utiliza adaosuri cimentoide cum ar fi zgurile de furnal bazice şi granulate, cenuşile zburătoare de termocentrală, precum şi adaosuri puzzolanice, în special trasuri pentru sporirea impermeabilităţii.

Agregatele folosite sunt materiale granulare naturale, cum ar fi nisip şi pietriş cu o formă netedă, sau artificiale (concasate), dimensiunile acestora ne trebuind să depăşească 40 mm. Când se alege tipul agregatului, trebuie să se țină cont de gradul de lucrabilitate al acestuia. Astfel, agregatele cu formă neregulată, aşa cum este piatra concasată, dau o lucrabilitate mai redusă în comparație cu agregatele naturale, ele fiind folosite doar în zonele lipsite de nisip natural. Pentru prepararea betoanelor de rezistență (grele), se folosesc curent agregate naturale care provin din roci granitice, bazaltice, andezitice, silex şi calcare dure. Ele pot fi rotunjite, cu suprafața netedă, neprelucrate, obținute prin procese naturale, sau prelucrate, rezultate prin concasarea rocilor. După mărimea granulelor, agregatele neprelucrate se împart în: nisip (0...7 mm), pietriş (7...71 mm), bolovani (72...160 mm) şi balast (amestec natural de nisip şi pietriş) cu granulozitate nedefinită. Funcție de dimensiuni şi de tehnologia de obținere, agregatele prelucrate sunt piatra spartă şi criblura. Agregatele concasate se caracterizează prin granule cu forme colțuroase, având muchii vii şi suprafață rugoasă. Mărimea sau dimensiunea maximă a granulelor de agregat se stabileşte luând în considerare dimensiunile minime ale secțiunii elementelor de construcție, distanța minimă dintre armături, înălțimea de turnare a betonului, distanța dintre armături şi eventualele piese înglobate etc.

Apa este necesară în amestec deoarece declanşează şi întreține reacțiile chimice de hidratare-hidroliză ale cimentului, umectează agregatele şi contribuie la obținerea lucrabilității dorite a betonului. Apa folosită la prepararea betonului poate fi apă potabilă, apă nepotabilă din râuri, lacuri sau puțuri, apă de mare, sau apă minerală. În cazul folosirii apei de mare, proprietățile betonului scad cu circa 10%. Cantitatea totală de apă din amestec este determinată de suprafața specifică a agregatului, de dozajul şi finețea cimentului, precum şi de lucrabilitatea, respectiv consistența pe care trebuie să o asigure betonul. Cantitatea relativă de apă din amestec este exprimată prin factorul A/C care reprezintă raportul dintre apa şi cimentul din amestec. Pentru lucrările subacvatice de turnare a betonului, raportul A/C este de aproximativ 0,5 şi o parte ciment la 1,5 părți de nisip.

Aditivii sunt substanțe chimice care, adăugate la prepararea betoanelor au ca efect îmbunătățirea unor caracteristici ale amestecurilor în stare proaspătă şi întărită. Aditivii pot fi utilizați fie sub formă de soluție, cantitatea corespunzătoare proporției optime adăugându-se în apa de amestecare, fie sub formă de pulbere, caz în care aditivul trebuie amestecat în prealabil, până la omogenizare, cu o cantitate de ciment. Spre deosebire de adaosuri care sunt introduse la fabricarea amestecului cu pondere de 50...70% din greutatea liantului, aditivii se folosesc în cantități mai mici, reprezentând aproximativ 2% din greutate. În funcție de efectul principal asupra betonului sau mortarului, aditivii pot fi: plastifianți (fluidizanți, antrenatori de aer şi de tip mixt), acceleratori de priză şi întărire, întârzietori de priză, antigel şi impermeabilizatori.

Pentru lucrările de turnare a betonului sub apă, aditivii se adaugă la betonul utilizat în special pentru diverse lucrări hidrotehnice portuare, pentru baraje, diguri, cheiuri, bazine, rezervoare, stâlpi şi pereți ai fundațiilor, precum şi la realizarea platformelor marine offshore. Sunt utilizați în special aditivii fluidizanți, antrenatori de aer şi aditivii acceleratori de priză şi întărire, precum şi cei impermeabilizatori.

5.2. COFRAJE UTILIZATE LA LUCRĂRILE SUBACVATICE DE TURNARE A BETONULUI

Cofrajele folosite la turnarea betonului sub apă pot fi confecţionate din oţel sau din lemn. Se recomandă utilizarea cofrajelor din oţel deoarece au o greutate mai mare faţă de cofrajele din lemn care trebuie lestate. Cofrajele trebuie să fie suficient de rezistente pentru a fi asamblate fără a necesita un număr mare de elemente de legare şi de o construcţie cât mai simplă pentru a uşura munca scafandrilor la legarea, alinierea şi etanşarea lor. Pentru etanşare, la baza cofrajelor se pot pune saci cu nisip. Presiunea efectivă pe cofraje este numai cea datorată greutăţii aparente a betonului sub apă. De regulă, atunci când se instalează cofrajele pentru turnarea betonului sub apă, se iau în consideraţie presiunile care apar la turnarea pe uscat, precum şi efectele submersiei. Aceasta conduce, în practică, la obţinerea unor cofraje suficient de robuste astfel încât să corespundă cerinţelor suplimentare specifice condiţiilor subacvatice.

Prepararea fundaţiei are loc în aceleaşi condiţii ca la turnarea betonului pe uscat. Dacă turnarea se face pe un fund moale, cantitatea de noroi şi mâl de pe fund trebuie degajată cu ajutorul scafandrilor, utilizându-se pompe, drăgi absorbante sau air-lift.

În practică, în foarte multe cazuri, este necesar ca atât săpătura cât şi executarea fundaţiei să se facă sub nivelul apei. Aceasta se întâlneşte la majoritatea lucrărilor hidrotehnice care necesită turnarea betonului sub apă cum ar fi lucrările maritime sau fluviale (diguri, cheiuri, baraje, picioare şi stâlpi, spărgătoare de valuri etc.)

Executarea fundaţiilor sub apă se poate realiza prin: turnarea betonului direct în săpătură sub apă, fundarea pe anrocamente şi umpluturi din piatră, fundarea pe căsoaie, fundarea pe blocuri din beton şi fundarea pe chesoane.

5.3. TURNAREA BETONULUI ÎN SĂPĂTURĂ SUB APĂ

Turnarea betonului sub apă nu se poate face prin simpla lui aruncare direct în apă, deoarece cimentul se separă de agregate în decursul sedimentării. Această separare se produce datorită vitezei de sedimentare diferită a particulelor: agregatele sedimentează cu o viteză mai mare, iar particulele de ciment în stare coloidală plutesc în apă, sedimentând cu o viteză mult mai redusă. O primă regulă care trebuie respectată, este aceea ca betoanele turnate sub apă să aibă un conţinut de ciment mai mare decât cel dictat de marca respectivă, pentru ca în beton să rămână suficient liant chiar după ce o parte a fost spălată de apă. De asemenea, nu se recomandă introducerea amestecului de agregat şi ciment direct în apă, deoarece la periferia amestecului se va crea o zonă umedă, iar centrul amestecului va rămâne nehidratat.

Turnarea betonului în săpătură sub apă se poate realiza cu ajutorul cutiilor şi benelor, cu ajutorul sacilor, cu ajutorul pâlniilor şi cu ajutorul pompelor.

5.3.1. TURNAREA BETONULUI SUB APĂ CU AJUTORUL CUTIILOR ŞI BENELOR

Cutiile folosite la turnarea betonului sub apă (fig. 5.1) sunt confecţionate din lemn sau tablă având o capacitate de 0,5...1 m^3. Fundul cutiilor este mobil, fiind alcătuit din două elemente prinse articulat de pereţi.

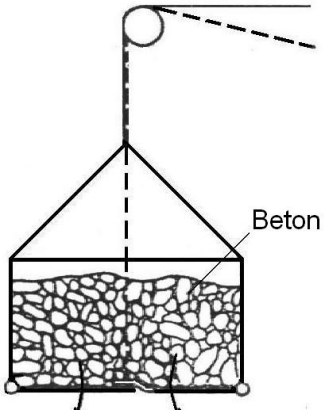


Fig. 5.1. Cutie pentru turnarea betonului sub apă.

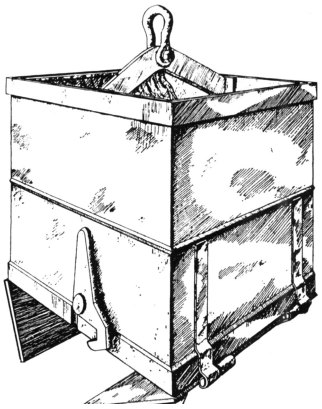


Fig. 5.2. Benă cu fund mobil pentru turnarea betonului sub apă.

Deschiderea şi închiderea se face prin intermediul unei parâme metalice care trece peste un scripete. Cutia se umple cu beton şi apoi, cu ajutorul unei macarale, se coboară în apă până la locul de betonare. Sub apă, poziționarea cutiei se face de către un scafandru. Prin ridicarea cutiei şi slăbirea simultană a parâmei metalice de susținere a fundului acesteia, betonul din cutie este golit. Operația se repetă deplasând puțin lateral cutia pentru ca, prin turnarea treptată a betonului, să se formeze un strat de o anumită grosime în funcție de mărimea cutiei. Procedeul se foloseşte numai pentru executarea unor straturi de egalizare sau a unor elemente de construcție de slabă rezistență cum ar fi: executarea radierelor la chesoane, la incinte cu palplanşe şi la umplerea piloților forați.

În afara cutiilor se mai utilizează pentru manipularea la locul de turnare a betonului şi benele cu fund mobil (fig. 5.2). Cu acestea se poate transporta betonul cu o macara la punctul de turnare. Deschiderea benei pentru golire se face manual, cu un sistem de pârghii care acționează două sectoare ale fundului benei. Agățarea de cârligul macaralei se face cu o parâmă metalică care trece prin trei ochiuri prevăzute la marginea superioară a cutiei. Benele pot avea capacități de 500 l şi de 750 l.

5.3.2. TURNAREA BETONULUI SUB APĂ CU AJUTORUL SACILOR

La utilizarea betonării subacvatice cu ajutorul sacilor, betonul este introdus în saci de iută cu o capacitate de 50...100 l. Sacii umpluți cu beton sunt coborâți în apă cu ajutorul unui paner şi a unei macarale şi sunt aşezați sub formă de zidărie de către scafandri (fig. 5.3). Datorită greutății care apasă asupra sacilor umpluți cu beton, mortarul de ciment iese prin țesătura lor, realizând o oarecare legătură între ei. Aşezarea sub formă de zidărie a sacilor cu beton se foloseşte, de asemenea, pentru realizarea unui strat egalizator de nivelare a terenului excavat, sau pentru creearea unei incinte în care se toarnă betonul din fundația propriu-zisă prin alte metode.

5.3.3. TURNAREA BETONULUI SUB APĂ CU AJUTORUL PÂLNIILOR

Prin procedeul de turnare a betonului sub apă cu ajutorul pâlniilor, se obține un beton de o calitate mai bună în comparație cu procedeele anterioare. Turnarea se poate realiza cu ajutorul unor pâlnii care pot fi mobile sau fixe.

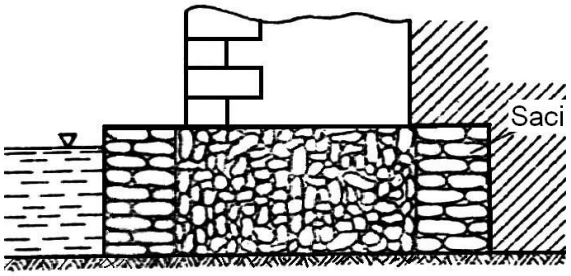


Fig. 5.3 Aşezarea, sub apă, a sacilor cu beton.

5.3.3.1. Turnarea betonului sub apă cu pâlnia mobilă

În cazul folosirii unei pâlnii mobile, în jurul incintei de betonare se face o schelă pe care se poate deplasa un mic pod rulant.

Pâlnia mobilă (fig. 5.4) este formată dintr-un tub metalic cu diametrul de aproximativ 300 mm, din tablă cu grosimea de 3...4 mm, alcătuit din tronsoane de circa 1 m lungime. La partea superioară se fixează o pâlnie cu secţiunea pătrată sau circulară, a cărei mărime depinde de modul şi ritmul de alimentare cu beton.

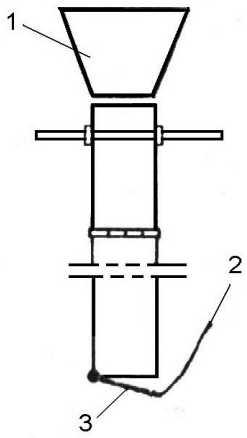


Fig. 5.4. Pâlnie mobilă pentru turnarea betonului sub apă: 1– pâlnie; 2– saulă; 3– capac de închidere.

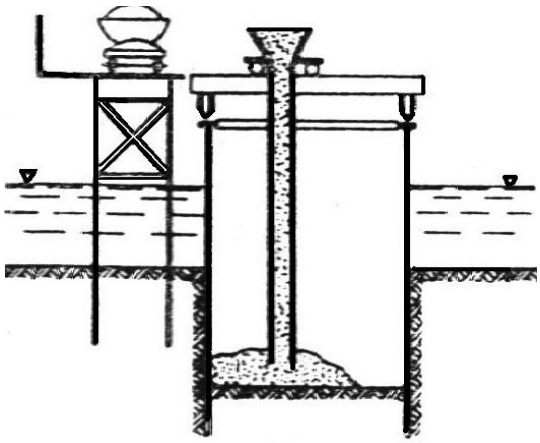


Fig. 5.5. Turnarea straturilor de beton sub apă cu ajutorul pâlniei mobile.

Mişcarea pâlniei este îngreunată deoarece partea inferioară a tubului este în betonul care opune o rezistenţă variabilă la înaintarea tubului. Rezistenţa pe care betonul turnat din pâlnie o opune mişcării acesteia, creşte mai ales cu lungimea tubului. Din acest motiv, nu se recomandă turnarea betonului sub apă cu pâlnia mobilă, la adâncimi ale apei mai mari de 6 m.

Tubul este umplut şi alimentat continuu cu beton până la terminarea betonării, care se execută încet, fără lovituri bruşte şi fără întreruperi. Capătul inferior al tubului se menţine înnecat în masa betonului turnat, pe o adâncime de cel puţin 1 m, în funcţie de diametru. Turnarea betonului este supravegheată de către scafandri pentru a nu permite apei să pătrundă de jos în sus prin tub. Betonul, având o densitate mai mare decât a apei, formează mai întâi un bulb care se lărgeşte treptat şi se depune forţând apa în sus pe lângă tub. Viteza de curgere a betonului din tub trebuie să corespundă debitului de alimentare cu beton (aproximativ 20 cm/h). Turnarea primului strat de beton se realizează printr-o mişcare continuă a tubului într-o direcţie, iar pentru al

doilea strat mişcarea se face în direcţie perpendiculară pe cea corespunzătoare primului strat (fig. 5.5). Turnarea betonului cu ajutorul pâlniei mobile are o productivitate mare, putându-se betona incinte cu suprafeţe mai mari în plan (maluri, ziduri de chei, spărgători de valuri), întreaga operaţiune fiind urmărită în mod continuu de scafandri.

Dezavantajul metodei constă în faptul că straturile orizontale turnate sunt în contact cu apa până ce se toarnă statul superior. În acest timp, se formează deasupra stratului turnat un strat de nămol de ciment, care împiedică legarea stratului de beton suprapus.

La lucrări unde trebuie turnate cantităţi mari de beton şi pentru care aplicarea acestei metode este indicată, se folosesc mai multe pâlnii care se mişcă astfel ca straturile să fie turnate la înălţimi diferite.

5.3.3.2. Turnarea betonului sub apă cu pâlnia fixă

Pentru înlăturarea dezavantajelor care pot să apară la turnarea betonului sub apă cu pâlnia mobilă, se foloseşte un sistem de betonare sub apă cu pâlnie fixă (fig. 5.6), numit sistem Contractor. La acest sistem, betonul este turnat printr-un tub mobil numai pe verticală nu şi pe orizontală. Ca şi la metoda precedentă, deasupra incintei de betonare se face o schelă. Pe platforma acestei schele se fixează, la mijlocul suprafeţei de betonat, un tub de acelaşi diametru ca la metoda aterioară. Prin pâlnia de la capătul superior al tubului se face alimentarea cu beton fără întrerupere, viteza de curgere a betonului în tub fiind de 0,1...0,2 m/s. La început se toarnă un strat cu o grosime de circa 1 m, după care se ridică tubul în acelaşi ritm în care curge betonul astfel ca gura lui să rămână în permanenţă îngropată în beton, pe o adâncime de circa 1 m. Operaţiunea este supravegheată de scafandri. În felul acesta, numai stratul de la partea superioară a masei de beton este în contact cu apa. Acest strat protector este ridicat de betonul turnat prin tub, iar când se ajunge deasupra nivelului apei se face îndepărtarea lui, betonarea continuând prin turnarea la uscat. Calitatea betonului obţinut prin turnarea sub apă cu ajutorul pâlniilor fixe este bună, masa de beton fiind omogenă.

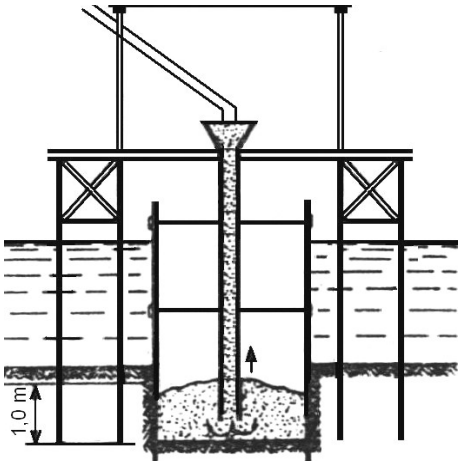


Fig. 5.6. Turnarea betonului sub apă cu ajutorul pâlniei fixe.

Fig. 5.7. Pompă de beton.

5.3.4. TURNAREA BETONULUI SUB APĂ CU AJUTORUL POMPELOR

Turnarea betonului sub apă cu ajutorul pompelor se face în mod asemănător cu turnarea prin metoda pâlniei fixe. Avantajele oferite de turnarea betonului prin pompare sunt acelea că se elimină necesitatea deplasării cutiei (benei) şi frecventele ridicări pe verticală ale tubului pâlniei mobile sau fixe. De asemenea, betonul poate fi turnat şi la o adâncime mai mare a apei. Pompa de beton (fig. 5.7) este folosită pentru introducerea betonului, cu presiune, sub nivelul masei de beton deja turnate, presiune care, în cazul pâlniei fixe, este creată prin diferența de nivel dintre partea superioară a pâlniei şi nivelul betonului turnat. Pompele pot fi folosite şi pentru transportarea betonului de la locul de preparare, până la pâlnie. Debitul de turnare a betonului trebuie să fie de cel puțin 0,3 m^3/h. Pompele pot fi de diverse tipuri constructive în funcție de capacitatea maximă de pompare ce poate fi de 25 m^3/h, 60 m^3/h, sau peste 60 m^3/h, de sistemul de distribuție a betonului pompat (cu braț distribuitor, cu conductă fixă şi furtun terminal, cu conductă fixă şi dispozitive speciale distribuție), de principiul de funcționare (cu pistoane, cu rotor, pneumatice), de modul de acționare (mecanic, hidraulic, pneumatic) şi de tipul motorului de antrenare (cu motoare electrice sau cu motoare termice).

În figura 5.8 sunt prezentate părțile componente şi schema de funcționare ale unei pompe de beton.

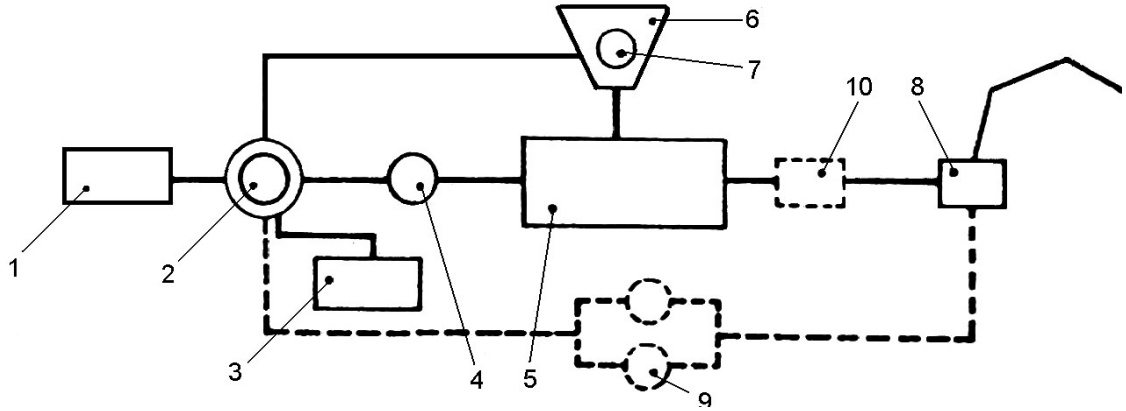


Fig. 5.8. Părțile componente ale unei pompe de beton: 1– motor acționare; 2– pompă hidraulică; 3– rezervor lichid; 4– motor hidraulic; 5–grup pompare pentru beton; 6– buncăr alimentare cu beton; 7– malaxor de beton; 8– echipament distribuție beton; 9– pompe hidraulice; 10– sertar distribuitor.

5.4. FUNDAREA SUBACVATICĂ PE ANROCAMENTE ŞI UMPLUTURI DIN PIATRĂ

Calitatea terenului de fundație sub nivelul apei (fundul apei) este, de obicei, slabă. În consecință, fundațiile nu se pot aşeza direct pe acest teren fără a fi efectuate, în prealabil, anumite lucrări de amenajare. Un procedeu ar consta în îndepărtarea straturilor neconsistente printr-una dintre metodele de săpare sub apă (cu dragline, gaifere, excavatoare cu cupe multiple, drăgi mecanice sau hidraulice, gaz-lift sau drăgi

absorbante). Un alt procedeu constă în executarea, pe fundul apei, a unor umpluturi din anrocamente sau din piatră pe care apoi se fundează construcția. Dacă straturile superficiale de consistență redusă (mâluri) au grosime mică, ele se pot îndepărta, umplutura aşezându-se pe straturile rezistente. Când grosimea straturilor este mare, din motive economice, nu se mai face îndepărtarea lor ci umplutura se aşează direct pe ele. Sub greutatea umpluturii, o parte dintre straturile slabe refulează, iar restul se consolidează. Aceste umpluturi sunt lăsate timp mai îndelungat (circa 1 an) să se taseze, iar după aceea, surplusul de umplutură se îndepărtează până la cota prevăzută de proiect şi se execută construcția respectivă. Fundarea pe anrocamente şi umpluturi din piatră se aplică la unele construcții portuare (maritime sau fluviale) ca: spărgătoare de valuri, cheiuri etc., şi, în general, la construcții hidrotehnice puțin sensibile la tasări.

Dislocarea, respectiv refularea straturilor moi şi neconsistente poate fi intensificată prin explozii. În acest sens, se introduc în terenul neconsistent tuburi distanțate la 10 m între ele, în care se introduce apoi exploziv. Prin explozii declanşate simultan se produce dislocarea şi lichefierea straturilor neconsistente, care refulează uşor sub greutatea umpluturii, permițând acesteia să ajungă până la stratul suport rezistent. Aceste operații sunt executate cu scafandri, iar rezultatele acestora sunt apreciate tot de către scafandri.

La lucrările maritime, anrocamentele sunt expuse acțiunii valurilor care le pot periclita stabilitatea. Din această cauză, pietrişul sau piatra cu dimensiuni mai mici, se aşează înspre interiorul umpluturii, iar spre exterior se aşează piatra cu dimensiuni şi greutate mai mare sau blocuri din beton (fig. 5.9). Aşezarea straturilor de anrocamente pe fundul apei, este observată cu ajutorul scafandrilor. Înclinarea taluzurilor sub care se face umplutura este în funcție de intensitatea curenților şi de puterea de lovire a valurilor. Acolo unde puterea de lovire a valurilor este mare, taluzurile se fac cu înclinare mai mică şi se protejează prin acoperire cu blocuri din beton de mare greutate. Aşezarea lor se face fie cu macarale de pe dig, fie cu macarale plutitoare, sub controlul scafandrilor.

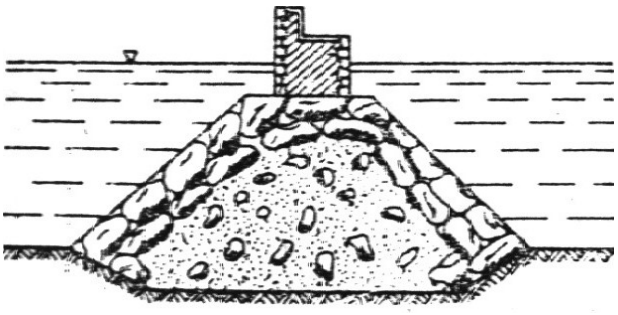


Fig. 5.9. Construcție subacvatică fundată pe anrocamente.

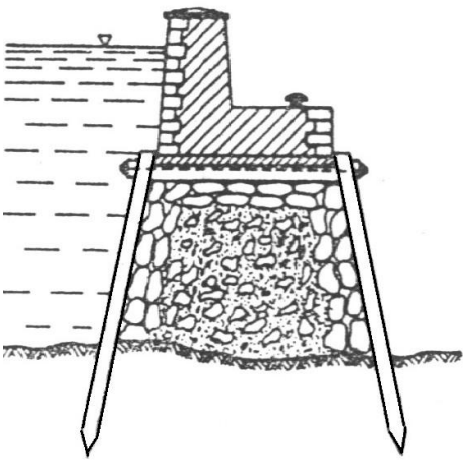


Fig. 5.10. Construcție subacvatică fundată pe anrocamente protejate cu piloți.

Când pe fundul apei pot fi bătuți piloți, pentru a reduce consumul de material de umplutură, se execută din piloți doi pereți ancorați la partea superioară, între care se pune umplutura de piatră (fig. 5.10). În partea centrală se aşează fragmente mai mici, iar spre exterior se pun fragmente mai mari, pentru a nu fi deplasate de curenți prin spațiile dintre piloții care alcătuiesc pereții. Această întreagă operație este supravegheată de scafandri.

Pentru a nu se distruge tiranții de ancorare a pereților datorită tasărilor ulterioare, la baza construcției care se execută pe anrocamente se prevăd nişte lăcaşuri de protejare care permit producerea de tasări mici fără a deterioara tiranții. Fundarea pe anrocamente şi umplutură din piatră poate fi realizată şi prin utilizarea betonului de blocaje cu mortar fluidizat (injectări de mortar).

Mortarul utilizat este format din nisip cu granulozitate continuă, cu dimensiunea maximă a agregatelor egală cu 1/10 din dimensiunea minimă a agregatelor mari şi cu un dozaj de ciment de 1:1...1:4. Mortarul trebuie să fie fluid, să nu segrege, să posede o foarte bună adeziune şi să fie cât mai impermeabil.

5.5. FUNDAREA SUBACVATICĂ PE CĂSOAIE

Căsoaiele sunt construcții provizorii, executate din lemn rotund sau cioplit pe două fețe, asemănătoare unor cutii mari, care se aşează pe fundul apei şi se umplu cu blocuri de piatră (fig. 5.11). Căsoaiele se folosesc, de obicei, pentru realizarea de fundații la construcții provizorii cum ar fi pile pentru poduri de serviciu, baraje provizorii pentru devierea cursurilor de apă în timpul lucrărilor în albia râului, batardouri etc. Îmbinările la colțuri ale grinzilor care alcătuiesc căsoaiele sunt dulghereşti, folosindu-se cât mai puțin material metalic posibil.

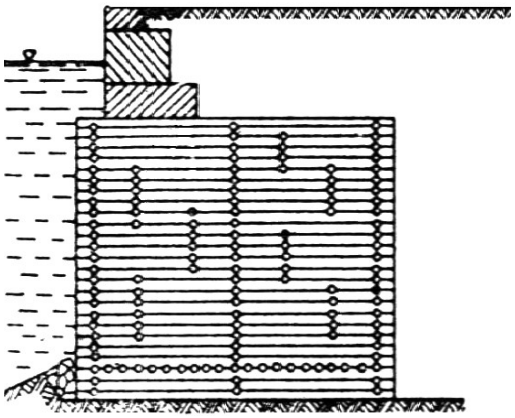


Fig. 5.11. Fundație pe căsoaie din lemn executată sub nivelul apei.

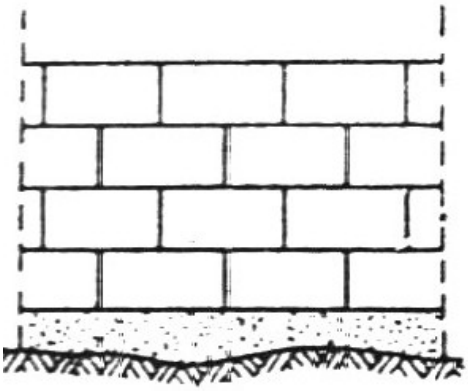


Fig. 5.12. Fundație pe blocuri din beton executată sub nivelul apei.

Materialul folosit ca umplutură este alcătuit din bolovani de râu sau piatră de carieră. La căsoaie, pericolul cel mai mare îl constituie desfacerea îmbinărilor sub acțiunea curenților sau a împingerii umpluturii din interior. De aceea, pe înălțimea căsoaiei, trebuie prevăzute o serie de legături de rigidizare a acesteia, executate de scafandri.

5.6. FUNDAREA SUBACVATICĂ PE BLOCURI DIN BETON

Fundațiile subacvatice pe blocuri din beton (fig. 5.12) sunt, în principiu, asemănătoare cu fundațiile prefabricate. În locul unde urmează să se aşeze blocurile, se creează o platfomă orizontală, fie direct pe pământ, fie prin intermediul unui strat de piatră. Pe această platformă se clădesc blocurile prefabricate din beton, confecționate în apropiere, blocuri ce sunt apoi scufundate în apă cu ajutorul macaralelor şi sunt poziționate de scafandri. Pentru a avea stabilitate la acțiunea mecanică a valurilor sau a curenților, blocurile au dimensiuni şi greutăți mari (500...4000 kgf). Aşezarea blocurilor unele peste altele se face sub formă de zidărie.

5.7. FUNDAREA SUBACVATICĂ PE CHESOANE

În general, fundarea subacvatică pe chesoane constituie un procedeu special de fundare, utilizat în cazurile în care straturile bune de fundare se găsesc la o adâncime mai mare față de suprafața terenului. Constructiv, chesoanele sunt asemănătoare cu nişte cutii fără fund, cu secțiune orizontală de formă pătrată, dreptunghiulară sau circulară, care se coboară în teren, prin săpare, până la stratul bun de fundare. După atingerea cotei de fundare, chesonul se umple cu beton, obținându-se, în acest caz, o fundație masivă, sau se betonează fundul său sub forma unui radier. Fundațiile pe chesoane se pot executa fie cu *chesoane plutitoare* fie cu *chesoane deschise.*

Chesoanele cu aer comprimat sunt utilizate de muncitori specializați numiți chesonieri care, deşi lucrează în condiții asemănătoare scafandrilor (presiune crescută), ei nu sunt scafandri. Din acest motiv, această activitate nu va fi tratată în cadrul acestei lucrări.

5.7.1. FUNDAREA SUBACVATICĂ PE CHESOANE PLUTITOARE

Fundarea subacvatică pe chesoane plutitoare este o metodă corespunzătoare din punct de vedere tehnic şi cu productivitate ridicată pentru executarea fundațiilor direct sub apă. Chesoanele formează fundația pentru diferite construcții care se ridică în ape adânci, mai ales pe fundul mării, cum sunt: zidurile de cheiuri, malurile, spărgătoarele de valuri, farurile sau alte construcții hidrotehnice.

Chesoanele plutitoare (fig. 5.13) se execută din beton armat, în formă de cutii compartimentate, care sunt aduse la locul de punere în operă prin plutire şi apoi sunt scufundate în apă până la cota din proiect, prin lestare.

Înainte de scufundarea chesoanelor, scafandrii efectuează inspectarea locului de amplasare. Chesoanele se aşează direct, fiind ghidate de scafandri pe fundul apei, nivelat în prealabil prin dragare, sau pe un pat de piatră, pietriş sau beton care este nivelat de către scafandri. După ce au fost executate, iar betonul s-a întărit, pentru a putea fi aduse prin plutire la locul executării construcției, chesoanele se lansează în apă, aducându-se la linia de plutire. Dacă chesoanele au dimensiuni mici, iar locul de amplasare nu este prea departe de mal, lansarea lor se poate face cu ajutorul macaralelor portal. Pentru chesoanele mai mari, se construieşte o cală de lansare dusă sub apă până la adâncimea necesară.

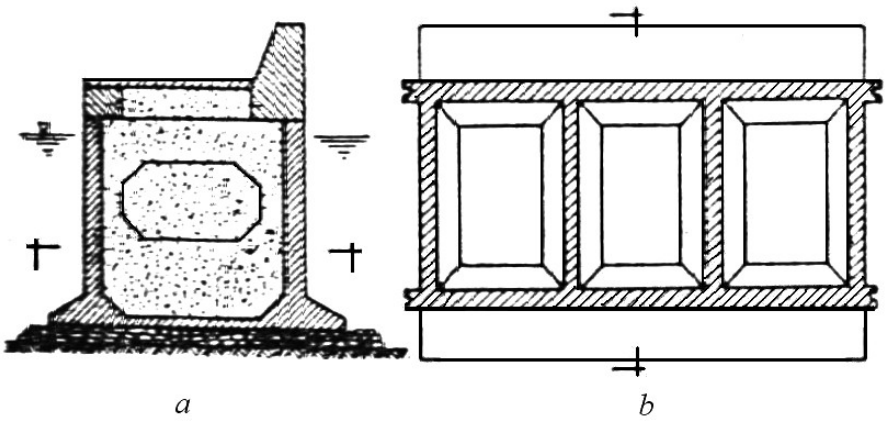


Fig. 5.13. Cheson plutitor: *a* – secțiune verticală; *b* – secțiune orizontală.

O metodă mai ingenioasă de lansare este cea prezentată în figura 5.14. Chesonul plutitor se execută în poziție culcată pe malul apei, pe o platformă special amenajată. După întărirea betonului, pământul de sub cheson se sapă în taluz, chesonul alunecând înspre apă, până ajunge la linia de plutire.

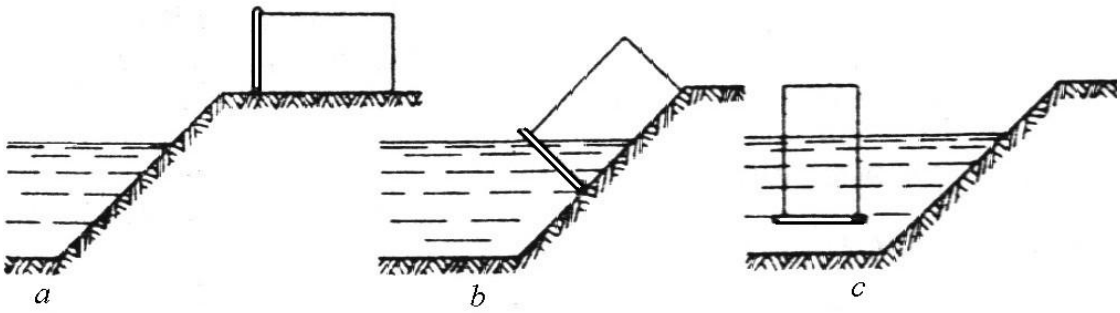


Fig. 5.14. Lansarea chesoanelor prin săparea în taluz a malului:
a – poziția la execuție; *b* – alunecarea pe taluz; *c* – plutirea.

După ce chesonul a fost adus la locul de amplasare, se face scufundarea lui la cota indicată prin umplerea compartimentelor cu beton slab, piatră brută, pietriş, nisip sau apă. Umplerea cu apă prezintă avantajul că permite corectarea scufundării în cazul când aceasta nu s-a putut efectua exact la locul fixat datorită valurilor sau altor cauze. Evacuând prin pompare o parte din apa din cheson, acesta se va ridica datorită forței arhimedice astfel încât chesonul se poate manevra până când scufundarea reuşeşte. După aceea, se îndepărtează apa din fiecare compartiment al chesonului, făcându-se imediat umplerea cu material de umplutură (mortar slab, piatră, nisip). Operațiunea de pompare a apei din compartimentele chesonului este supravegheată de scafandri.

5.7.2. FUNDAREA SUBACVATICĂ PE CHESOANE DESCHISE

Chesoanele deschise sau puțurile se deosebesc prin forma lor constructivă, prin materialul din care sunt realizate şi prin metoda de coborâre. După forma lor constructivă se disting chesoanele masive (fig. 5.15,*a*), coborâte de pe un loc uscat (o insulă artificială) şi chesoanele cu goluri (fig. 5.15,*b*), coborâte cu o macara.

După materialul din care sunt executate, se disting *chesoanele deschise din zidărie* şi *chesoanele deschise din beton şi beton armat.* Chesoanele din zidărie şi beton prezintă avantajul că sunt grele şi au grosimi mari de perete, ceea ce face ca pătrunderea lor în teren să fie mai uşoară. Chesoanele din beton armat sunt mai sigure, se lucrează mai uşor şi se pot executa având forma impusă de construcţie.

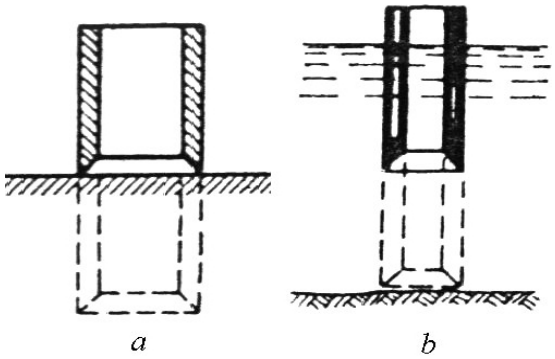


Fig. 5.15. Chesoane deschise:
a – cheson masiv; *b* – cheson cu goluri.

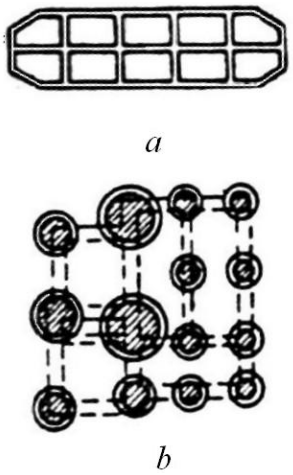


Fig. 5.16. Executarea fundaţiilor subacvatice pe chesoane deschise:
a – un singur cheson sub toată construcţia;
b – mai multe chesoane circulare.

Forma în plan a unui cheson deschis este impusă de partea inferioară a construcţiei care se fundează pe el, recomandându-se forma simetrică pentru asigurarea unei coborâri corecte. Chesoanele deschise se pot executa sub forma unui singur cheson sub toată construcţia (fig. 5.16,*a*), sau sub forma mai multor chesoane circulare aşezate sub punctele mai importante ale construcţiei (fig. 5.16,*b*).

Principalele faze de execuţie a fundaţiilor pe chesoane deschise sunt construcţia chesonului deschis, coborârea chesonului la cota de proiect şi umplerea chesonului.

Coborârea chesonului deschis se poate face fie de pe o insulă artificială, acolo unde nivelul apei se află deasupra terenului, fie de pe un eşafodaj pe piloţi sau de pe nave, operaţia fiind urmărită de către scafandri.

În cazul în care forţele de frecare pe pereţii laterali devin foarte mari şi mijloacele obişnuite nu ajută pentru învingerea acestor forţe, chesonul deschis se transformă într-un cheson cu aer comprimat.

5.8. EXEMPLE DE ACTIVITĂŢI SUBACVATICE CU SCAFANDRI ÎN CADRUL LUCRĂRILOR LA CONSTRUCŢII HIDROTEHNICE

În cadrul efectuării de lucrări hidrotehnice care au şi o componentă de lucru sub apă, scafandrii au un rol important în executarea diferitelor operaţii aferente acestor lucrări, în special la fundarea sub apă. Dintre activităţile efectuate de scafandri la fundarea sub apă, pot fi menţionate:

– legarea, alinierea şi etanşarea cofrajelor utilizate la efectuarea operaţiilor subacvatice de turnare a betonului din cadrul lucrărilor hidrotehnice;

- poziționarea cutiilor utilizate la turnarea betonului sub apă;
- coborârea în apă şi aşezarea sub formă de zidărie a sacilor umpluți cu beton, utilizați la betonarea sub apă cu ajutorul sacilor;
- supravegherea turnării betonului sub apă cu ajutorul pâlniilor mobile;
- supravegherea turnării betonului sub apă cu ajutorul pâlniilor fixe;
- dislocarea şi refularea straturilor moi şi neconsistente prin explozii controlate şi observarea rezultatelor obținte;
- observarea şi verificarea modului de aşezare a straturilor de anrocamente pe fundul apei, în cadrul lucrărilor de fundare sub apă pe anrocamente;
- controlul aşezării blocurilor de beton de mare greutate pentru protejarea taluzurilor în cadrul lucrărilor de fundare sub apă pe anrocamente şi umpluturi de piatră;
- supravegherea operațiilor de batere a piloților şi realizare a umpluturii din piatră în cadrul lucrărilor subacvatice de fundare;
- scufundarea şi poziționarea blocurilor prefabricate din beton pe fundul apei în cadrul lucrărilor de fundare subacvatică pe blocuri din beton;
- inspectarea locului de amplasament a chesoanelor ce urmează a fi scufundate în cadrul lucrărilor de fundare;
- ghidarea chesoanelor din beton armat în vederea aşezării acestora pe fundul apei în cadrul lucrărilor subacvatice de fundare pe chesoane plutitoare.

Indiferent de tipul activității desfăşurate de către scafandri la construcțiile hidrotehnice, ca şi în cazul activităților desfăşurate la platformele marine, intervenția subacvatică presupune parcurgerea următoarelor faze:

- inspectarea locului şi determinarea condițiilor în care se află construcția hidrotehnică la care urmează să se intervină;
- alegerea echipamentelor de scufundare adecvate şi a tehnologiilor de scufundare optime tipului de activitate subacvatică ce urmează a fi desfăşurată;
- alegerea sculelor şi uneltelor necesare efectuării în bune condiții a operațiilor subacvatice;
- realizarea intervenției subacvatice propriu-zise;
- reinspectarea lucrării pentru a se asigura că intervenția subacvatică a condus la rezultatul dorit.

6.

LUCRĂRI DE RANFLUARE A NAVELOR SCUFUNDATE

O navă se poate scufunda atunci când îşi pierde flotabilitatea pozitivă. Unele dintre cauzele scufundării navelor pot fi: inundarea navei datorată deteriorării unor valve, unor conducte, a tablelor fundului etc., avarierea prin lovire a navei de un obiect submers şi găurirea tablelor bordurilor, crearea de spărturi în corpul navei prin coliziunea cu o altă navă sau structură plutitoare, aprovarea sau apuparea navei sub acţiunea valurilor mari etc.

În general, ranfluarea navelor scufundate se efectuează cu diferite mijloace de ridicare (macarale plutitoare, platforme speciale, vinciuri şi cabestane), pontoane şi cilindri de ranfluare, baloane de ranfluare, precum şi prin introducerea de aer comprimat, sau spumă din mase plastice în unele compartimente ale navelor. Utilizarea scafandrilor este esenţială în efectuarea oricărei lucrări de ranfluare.

Lucrările de ranfluare nu trebuie amânate, deoarece starea epavei se poate înrăutăţii considerabil prin creşterea timpului de scufundare a navei, prin gradul de înnisipare, prin unghiul de răsturnare şi prin gradul de deteriorare a acesteia. Chiar după o lungă şedere pe fundul apei, după ranfluare şi restaurare, unele epave pot fi valorificate şi, de aceea, hotărârea de distrugere a unei epave, ca ultimă modalitate de degajare a zonei, trebuie luată în consideraţie numai după un studiu minuţios.

Înainte de a se alege metoda de ranfluare este necesar să se cunoască poziţia navei scufundate şi deteriorările pe care le-a suferit corpul acesteia (găurile de apă).

De cele mai multe ori, nava nu se scufundă vertical. Apa inundă coca dintr-o anumită zonă, iar nava se înclină şi se aşează pe fundul apei culcată sau complet răsturnată. Investigaţiile pentru găsirea locului unde se află epava navei se pot fac cu ajutorul scafandrilor sau cu ajutorul unor echipamente specializate cum ar fi sonarele, magnetometrele şi instalaţiile de televiziune subacvatică.

Sonarul este un aparat destinat descoperirii şi determinării de la suprafaţă a poziţiei obiectelor (navelor) aflate sub apă, funcţionarea sa fiind bazată pe fenomenul de reflexie a undelor ultrascurte (fig. 6.1).

Există mai multe tipuri de sonare, a căror funcţionare depinde de modul în care operează traductorul ultrason: într-un singur plan (fie orizontal, fie vertical sau perpendicular pe direcţia de deplasare), sau în două plane (unul orizontal sau fix şi altul vertical sau rotativ). Sonarele moderne utilizează o frecvenţă normală de lucru de 100 kHz dar, datorită cerinţelor diferite privind utilizarea acestora, au fost concepute şi sonare cu frecvenţe de 50 kHz sau de 500 kHz, acestea din urmă oferind o rezoluţie mai înaltă şi detalii mai fine. Indiferent de tipul său, un sistem sonar este alcătuit din

câteva elemente de bază şi anume: un traductor ultrason remorcabil, un cablu de remorcare şi un înregistrator grafic aflat pe ambarcațiunea de la suprafață.

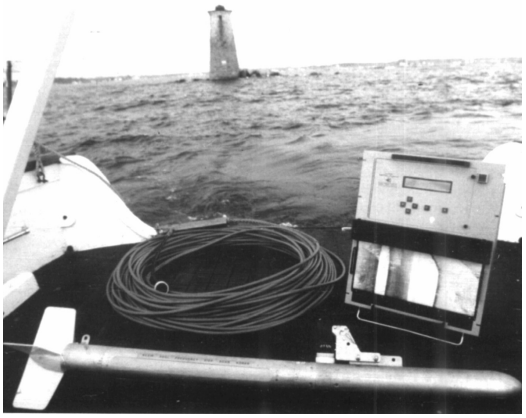


Fig. 6.1. Echipament sonar.

Fig. 6.2. Magnetometru.

Magnetometrul (fig. 6.2), spre deosebire de sonar, măsoară densitatea câmpului magnetic al zonei respective. Câmpul magnetic al scoarței Pământului este modificat local de prezența unui obiect metalic, cum ar fi structura de oțel a unei epave. Această modificare este proporțională cu cantitatea de oțel. Magnetometrele utilizează de asemenea un "tow fish" şi pot detecta orice obiect metalic, chiar dacă se află îngropat în nisipul de pe fundul mării şi, depinzând de cantitatea de metal, de la o distanță de maximum 300 m.

Operațiunile de ranfluare trebuie să fie precedate de întocmirea unui plan care poate cuprinde mai multe etape cum ar fi: examinarea aprofundată a planurilor de construcție a navei, care ar trebui să includă şi modul în care era încărcată nava şi, eventual, un istoric al epavei; inspecția cu scafandri a epavei, pentru a verifica datele reieşite din documente, cercetarea cu scafandri a avariilor etc.; efectuarea calculelor care să arate cum se poate redobândi stabilitatea şi flotabilitatea navei avariate; stabilirea variantei de scoatere a epavei.

6.1. EXAMINAREA PLANULUI DE CONSTRUCȚIE A NAVEI DE RANFLUAT

Pentru efectuarea operațiilor de ranfluare, este necesară cunoaşterea de către scafandri a unor elemente de bază despre construcția navei, precum şi înțelegerea noțiunilor de stabilitate a navei, cunoştiințe ce vor ajuta la evaluarea corectă a diverselor probleme impuse de orice lucrare de ranfluare. Scopul acestui paragraf nu este de a aborda în detaliu complexele probleme legate de construcția navelor, ci de a prezenta, pe scurt, numai acele elemente strict necesare a fi cunoscute de scafandri în executarea corectă şi eficientă a lucrărilor de ranfluare a navelor scufundate.

6.1.1. CARACTERIZAREA GENERALĂ A CONSTRUCȚIEI NAVEI DE RANFLUAT

Nava este un vehicul construit, amenajat şi echipat pentru a pluti şi a se deplasa pe sau sub apă, în scopul efectuării transporturilor de mărfuri sau de oameni şi

executării unor lucrări tehnice, în cazul navelor civile, sau în scopul executării unor misiuni militare, în cazul navelor de război.

De regulă, navele maritime şi fluviale au corpul metalic. În mod obişnuit, la construcţia corpului navei se întrebuinţează semifabricatele din oţel prezentate sub formă de table, profile etc. Fac excepţie unele elemente de structură ca etrava, etamboul, chilele masive etc., care se execută din oţel turnat. Tablele navale sunt standardizate, se obţin prin laminare la cald şi se livrează sub formă de plăci dreptunghiulare cu diferite grosimi (4...60 mm). Tablele se folosesc la realizarea învelişului exterior al corpului navei, a construcţiilor anexe, pereţilor şi punţilor. Profilele navale intră în componenţa osaturii corpului navei şi pot avea secţiunea transversală de diferite forme geometrice. În construcţiile navale se utilizează următoarele tipuri de profile: profile simple (platbandă cu bulb, cornier cu aripi egale, cornier cu aripi inegale, profile U, bare rotunde şi semirotunde) şi profile compuse (profile T sau cu alte forme geometrice).

Aliajele neferoase întrebuinţate în construcţia corpului navei sunt aliajele de aluminiu şi de cupru. Aliajele din aluminiu se utilizează cu predilecţie la construcţia de nave mici, la realizarea de rufuri, scări exterioare şi interioare, balustrade, amenajări interioare etc. Aliajele din cupru se folosesc la confecţionarea elicelor navale, cuzineţilor pentru liniile arborilor portelice, armăturilor garniturilor de etanşare, tuburilor pentru diverse instalaţii etc. Dintre materialele nemetalice, la construcţia corpului navei se întrebuinţează mai mult materialele plastice, lemnul şi prefabricatele din lemn. Materialele plastice se folosesc la realizarea de izolaţii, căptuşeli interioare şi căptuşeli de protecţie a punţilor metalice împotriva coroziunii, precum şi la construcţia bărcilor de serviciu şi de salvare, a uşilor speciale pentru magazii frigorifice etc. Lemnul şi prefabricatele din lemn se întrebuinţează la amenajarea cabinelor, la realizarea capacelor gurilor de salvare, la confecţionarea bărcilor de serviciu şi de salvare şi ca înveliş al punţilor. Speciile de lemn mai des utilizate sunt cele de stejar, tei, gaiac şi brad.

6.1.2. SISTEME DE CONSTRUCŢIE A CORPULUI NAVEI DE RANFLUAT

Din punct de vedere constructiv, corpul unei nave este un sistem tehnic complex, elastic, supus unor sarcini statice sau dinamice. Structura corpului navei trebuie să asigure menţinerea formei, etanşeitatea şi rezistenţa acestuia. Corpul navei se prezintă ca o grindă în formă de cutie, care constă din fund, borduri şi punte. Întregul sistem se sprijină pe o structură de rezistenţă alcătuită din elemente de osatură longitudinală şi transversală. În punctele lor de intersecţie, acestea se solidarizează cu guseuri prin sudură sau nituire. Dintre elementele de osatură longitudinală fac parte chila, curenţii longitudinali, carlingele centrale şi laterale, bordajul, punţile şi pereţii longitudinali (fig. 6.3). Elementele de osatură transversală pot fi coastele, varangele, traversele de punte şi pereţii transversali.

Chila se află pe fundul navei, fiind legătura longitudinală cu aceasta. Primele nave din oţel aveau chile masive alcătuite din bare groase, corniere etc. Chila masivă s-a păstrat până în prezent la navele mici. În ultimul timp, pentru a nu mări greutatea şi pescajul navei, chila masivă a fost înlocuită cu chila plată sau orizontală. Deasupra acesteia se montează carlinga centrală de care se leagă elementele de rezistenţă transversale, varangele. Carlinga centrală este, de obicei, o grindă cu inimă plină a

cărei înălțime, la navele mari, poate depăşi un metru. În carlingă se fac uneori găuri de uşurare care servesc şi la trecerea apei din santină de la un bord la altul.

Navele maritime şi cele de lac au, de obicei, o chilă de ruliu care are rolul de a micşora ruliul (proeminențele chilei de ruliu opun rezistență la oscilațiile transversale ale navei). Chilele de ruliu se fixează pe tablele bordajului în regiunea gurnelor, simetric, de ambele borduri. Ele se dispun numai în partea centrală a navei ($L/2...L/3$, unde L este lungimea navei). Către extremități, chilele de ruliu se îngustează pentru a nu opune o rezistență la înaintare suplimentară (fig. 6.4).

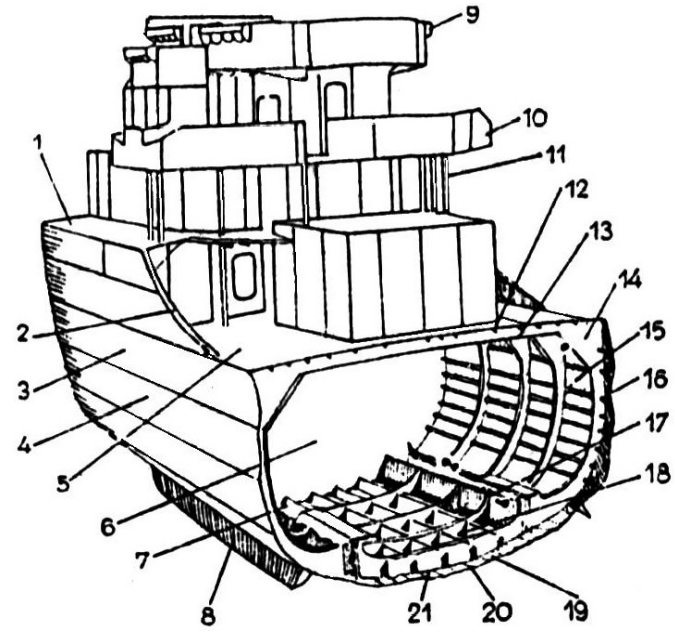


Fig. 6.3. Osatura şi punțile unei nave: 1– puntea teugii; 2– curmătura teugii; 3– centură; 4– bordaj; 5– punte principală; 6– perete etanş; 7– carlingă laterală; 8– chilă de ruliu; 9– comandă; 10– puntea comenzii; 11– pontil; 12– curent longitudinal; 13– traversă; 14– guseu; 15– stringher; 16– coastă; 17– postamentul căldării; 18– carlingă; 19– galbord; 20– chilă plată; 21– varangă.

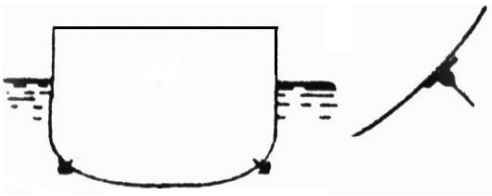


Fig. 6.4. Chilă de ruliu.

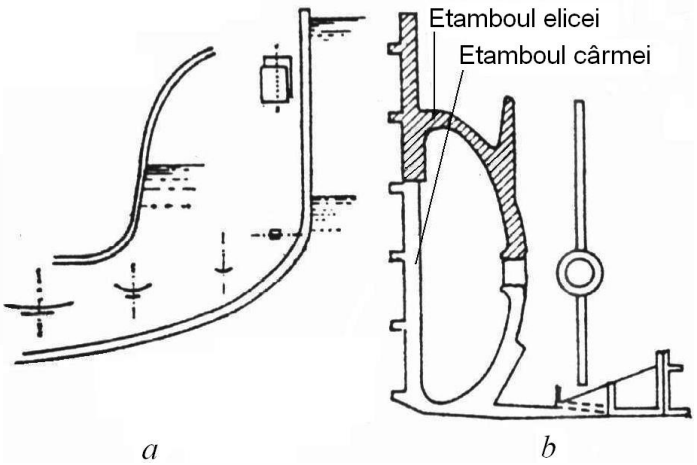


Fig. 6.5. Etravă şi etambou:
a – etrava; *b* – etamboul.

Planşeele reprezintă structura de rezistență şi sunt formate dintr-o placă dreaptă sau curbă rezemată, întărită printr-o rețea de bare şi elemente de legătură. Într-un planşeu sunt cuprinse două părți constructive şi anume învelişul planşeului (placa de bază) format din table drepte sau curbe şi osatura planşeului formată dintr-o rețea de

bare drepte sau curbe încrucişate. După forma lor, planşeele care alcătuiesc corpul navei pot fi plane sau curbe. Planşeele plane sunt planşeele de fund, de punți, de bordaje din zona centrală a navei, precum şi planşeele din pereții transversali şi logitudinali. Barele care formează osatura planşeelor plane sunt dispuse, de obicei, paralel sau sub un unghi foarte mic față de laturile conturului de reazem. Sunt considerate planşee curbe, planşele de gurnă pe toată lungimea navei şi, respectiv, planşele de fund şi de bordaj din zonele de la extremități. Planşeele de fund sunt planşeele a căror placă de bază aparține învelişului fundului navei. Din punct de vedere constructiv, se deosebesc două tipuri de planşee de fund: cu fund simplu şi cu fund dublu. Alegerea tipului de planşeu de fund se face în funcție de lungimea de calcul L a navei. La navele cu $L < 50$ m se prevăd planşee de fund cu fund simplu. Inițial, fundul dublu a fost specific navelor destinate transportului de mărfuri uscate. În prezent, normele IMO (**I**nternational **M**aritime **O**rganisation) referitoare la poluarea marină, prevăd obligativitatea utilizării dublului fund şi în zona tancurilor de marfă de la navele petroliere. Indiferent de tipul lor, planşeele de fund au conturul de rezemare determinat de bordaje şi pereți (transversali şi longitudinali).

Planşeele de bordaj sunt planşeele a căror placă de bază aparține învelişului bordajului navei şi pot fi: plane şi curbe, cu simplu bordaj (exterior) şi cu dublu bordaj (exterior şi interior), sau inferioare (cuprinse între fund şi puntea inferioară) dintre punți, cuprinse între două punți.

Punțile reprezintă platforme orizontale care acoperă corpul navei sau a unei suprastructuri.

Puntea principală (de rezistență), este puntea superioară sau coverta. Puntea de adăpost este o punte situată imediat deasupra punții superioare, care acoperă o structură fără deschideri în borduri, dar care are un puț de tonaj (încărcare). Unele nave (şlepuri, ceamuri) au punte deschisă. După poziția pe verticală în raport cu puntea principală, se deosebesc puntea inferioară şi puntea superioară. După poziția pe lungimea navei, punțile pot fi: puntea dunetă (la extremitatea pupa), punțile castelului central şi puntea teuga (la extremitatea prova).

Etrava şi *etamboul* (fig. 6.5) se află la extremitățile chilei. Chila continuă cu etrava la prova şi cu etamboul la pupa navei. Aceste elemente se construiesc robuste pentru a rezista la diferite şocuri şi lovituri accidentale în tipul navigației. Etamboul trebuie să suporte şi greutatea cârmei suspendate de el. Forma etravei poate să fie dreaptă sau curbă.

Dacă nava are una sau trei elice, etamboul se compune din două ramuri verticale, una prin care trece arborele port elice, iar alta prin care se fixează cârma. Dacă nava are două elice, etamboul are o singură ramură, cea a cârmei.

În ceea ce priveşte sistemele de construcție a navelor, după cum predomină structurile longitudinale sau cele transversale, se deosebesc două tipuri constructive ale corpului şi anume în sistem transversal şi în sistem longitudinal.

Sistemul transversal este cunoscut din cele mai vechi timpuri şi se aplică la construcția navelor de lungimi mici (fig. 6.6). În sistemul transversal, coastele constituie partea principală a osaturii. Pe fundul navei, coastele se continuă cu întăriturii transversale numite varange. *Varanga*, alcătuită ca o grindă cu inima plină, se îngustează treptat spre borduri şi, urmând linia fundului, se termină la gurnă.

Cornierele de la partea inferioară a varangei păstrează denumirea de coaste, iar cele de la partea superioară de contracoaste. *Coastele* se aşează la intervale de 500...800 mm, eventual mai mult, funcţie de mărimea navei. Ele se realizează de obicei din corniere sau din platbande cu bulb. Din loc în loc, la intervale de 4...6 coaste, se aşează coastele întărite. În scopul obţinerii unei legături solide între varange şi, în acelaşi timp, pentru a da navei rezistenţa longitudinală absolut necesară, pe fundul acesteia se prevăd *carlingele*. În planul diametral al navei se aşează carlinga centrală care merge pe toată lungimea navei. De o parte şi de alta a ei, se aşează 3...5 carlinge laterale în funcţie de lăţimea şi pescajul navei.

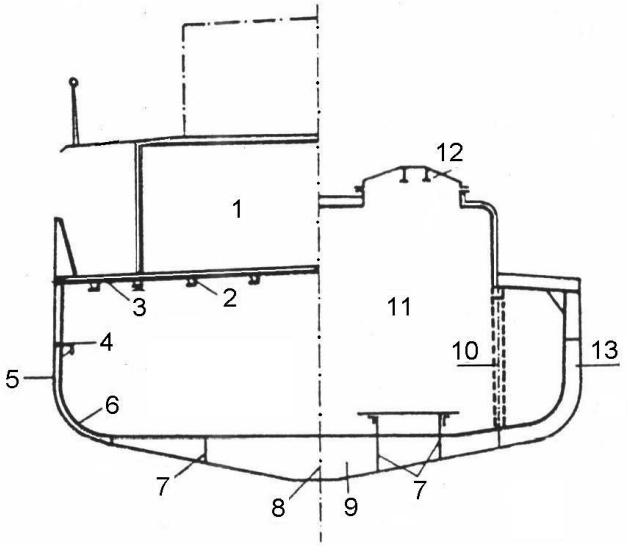


Fig. 6.6. Structură în sistem transversal: 1– suprastructură; 2– curent de punte; 3– traversă de punte; 4– stringher; 5– coastă; 6– gurnă; 7– carlingă laterală; 8– carlingă centrală; 9– varangă; 10– epontil; 11– perete etanş; 12– luminator; 13– coastă întărită.

Pentru asigurarea unei legături între coaste şi pentru a mării rezistenţa longitudinală a navei, coastele se leagă între ele prin curenţi longitudinali sau stringheri montaţi pe borduri. *Traversele* sunt structuri transversale care servesc pentru susţinerea punţilor şi preluarea eforturilor care tind să apropie sau să îndepărteze bordajele. Traversele se aşează în dreptul coastelor, unind capetele lor. *Curenţii de punte* sunt întăriturі longitudinale care leagă traversele. Se aşează de obicei în acelaşi plan vertical cu carlingele de pe fundul navei. Sistemul longitudinal este specific navelor de lungime mare (petroliere, vrachiere etc.), dar şi navelor de pasageri. Acest sistem se caracterizează printr-o serie de grinzi longitudinale continue aşezate pe borduri, fund şi punţi. Grinzile longitudinale trec prin pereţii transversali etanşi fără a fi întrerupţi şi sunt legate de aceştia prin gusee solide.

În afara acestor sisteme principale, mai există sistemul de osatură combinat şi sistemul de osatură celular. Sistemul combinat este un sistem longitudinal-transversal şi se aplică la construcţia navelor pentru transportul mărfurilor uscate, petrolierelor, vrachierelor şi mineralierelor, cu lungimi mai mici decât 180 m. Sistemul celular se aplică mai ales la navele de război precum şi la navele maritime mari.

Bordajul navei este alcătuit din table din oţel de 6...15 mm grosime, aşezate în file longitudinale, fiecare filă de tablă care înconjoară nava formând câte o centură a bordajului. Acesta se nituieşte sau se sudează de coaste, carlingi şi curenţii longitudinali, formând învelişul etanş al corpului navei. În afară de aceasta, bordajul

are un rol important în asigurarea rezistenței longitudinale a navei cu structură longitudinală continuă.

În afară de structura de rezistență descrisă anterior, nava are întăriturii speciale şi legături auxiliare în diferite puncte de solicitare locală: prova şi pupa, zona maşinilor, bordajele şi punțile, ieşirea arborelui port-elice, regiunea cârligului de remorcă (la remorchere), regiunea gurilor de magazie etc. Nava se compartimentează cu o serie de pereți după cerințele amenajării interioare. În afară de aceasta, există un compartimentaj cerut de convențiile internaționale şi de registrele navale. Prin împărțirea navei în compartimente etanşe se asigură flotabilitatea acesteia în cazul unei avarii.

Pereții etanşi obligatorii sunt pereții de coliziune care limitează compartimentele din regiunea provei şi pupei, precum şi cei care delimitează compartimentele de maşini, căldări şi magazii.

6.2. INSPECȚIA CU SCAFANDRI A NAVEI SCUFUNDATE

Toate activitățile efectuate de scafandri şi de echipa de la suprafață pentru expertizarea unei epave, trebuie să urmeze, în desfăşurarea lor, următoarele etape: marcarea extremităților prova, pupa, centru, pescajul (Td), bordul liber (Bd), cu câte o baliză; cercetarea suprastructurii epavei urmărindu-se cunoaşterea stării şi poziției uşilor, tambuchiurilor, hublourilor, trombelor de aerisire şi ventilație, poziției ancorelor şi stării şi poziției diferiților apendici de pe punte; cercetarea bordajului şi a fundului navei, urmărindu-se existența baselelor, găurilor de apă şi deschiderilor în bordaj şi poziția ancorelor; întocmirea situației adâncimilor; cercetarea naturii fundului apei şi întocmirea istoricului epavei. Datele reieşite din desfăşurarea acestor operații sunt centralizate într-un raport scris, completat cu imagini fotografice sau video.

Operațiunea de inspectare a interiorului epavei de către scafandri trebuie să fie limitată din considerente de securitate. Scafandrul trebuie să se poziționeze astfel încât să aibă posibilitatea de a se ridica direct spre suprafață. Cantitatea de informații referitoare la inspecția interioară a epavei depinde de experiența scafandrului.

Pentru a se stabili un plan adecvat de ranfluare a epavei, este necesară efectuarea unei inspecții atât exterioare cât şi interioare a corpului epavei.

Examinarea exterioară a epavei trebuie să înceapă la prova, să avanseze şi să continue în jurul pupei şi să se încheie din nou la prova. Scafandrul trebuie să poziționeze balize, una fixată în babord şi alta în tribodul epavei. Trebuie observate toate deschiderile corpului navei cum ar fi găurile de apă, poziția uşilor, tambuchiurilor, hublourilor şi deschiderilor în bordaj. Pentru determinarea mărimii deschiderilor mai mari, se poate utiliza firul cu plumb, măsurătorile luându-se de la puntea principală. În acelaşi mod se poate determina şi lățimea găurii de apă. Aceste informații sunt utile la stabilirea construcției şi mărimii paieților care vor fi folosiți. Examinarea exterioară mai trebuie să cuprindă măsurarea adâncimilor în zona epavei, precum şi localizarea oricărui obstacol.

Examinarea interioară a epavei trebuie să cuprindă şi obținerea de informații asupra următoarelor aspecte: starea structurii de rezistență, tipul compartimentului avariat, prezența depunerilor marine, starea în care se află tubulatura navei ce ar putea fi folosită la ranfluarea epavei, starea în care se află uşile şi tambuchiurile pentru a fi

utilizate la asigurarea etanşeităţii navei în timpul ranfluării şi starea în care se află încărcătura în vederea ridicării acesteia la suprafaţă.

Unii scafandri, având mai multă experienţă în utilizarea atât a echipamentului autonom cât şi a celui cu alimentare de la suprafaţă, cred că folosirea echipamentului autonom în interiorul unei epave este mai sigur.

Principalele avantaje ale echipamentului autonom utilizat de către scafandri pentru inspectarea interiorului unei epave pot fi:

- existenţa mai multor posibilităţi de ieşire din epavă, faţă de un scafandru echipat cu un aparat de respirat sub apă cu alimentare de la suprafaţă ce trebuie să iasă pe unde a intrat;
- libertate mai mare de mişcare şi siguranţă faţă de posibilitatea agăţării furtunului ombilical;
- flotabilitatea nulă care permite scafandrului accesul la oricare înălţime a unui compartiment;
- timpul de scufundare nu este impus de condiţiile hidrometeorologice; în cazul în care acestea devin nefavorabile şi scafandrul este echipat cu aparat de respirat sub apă cu alimentare de la suprafaţă, întreaga operaţiune trebuie oprită, datorită riscului ca ancora navei-suport de la suprafaţă să derapeze;
- posibilitatea utilizării unui sistem de comunicaţii radio fără fir, cu suprafaţa.

Dintre dezavantajele utilizării echipamentului autonom pentru inspectarea interiorului unei epave pot fi enumerate:

- neavând un asistent la suprafaţă (călăuzier), scafandrul, trebuie să efectueze scufundările numai însoţit de un al doilea scafandru, iar în acest caz, în situaţia apariţiei unei urgenţe la unul dintre scafandri, celălalt scafandru are o mai mică posibilitate de acordare a ajutorului ce se impune;
- locul în care se află scafandrul în timpul inspectării epavei nu este cunoscut în permanenţă de către personalul de asistenţă aflat la suprafaţă, exceptând cazul în care scafandrul este echipat cu un aparat radio cu ultrasunete.

6.3. CALCULUL FORŢEI TOTALE NECESARĂ PENTRU REDOBÂNDIREA FLOTABILITĂŢII NAVEI

O problemă deosebit de importantă în activitatea de ranfluare a unei epave o reprezintă determinarea forţei totale P_t necesară ridicării epavei la suprafaţă. Această forţă totală poate fi exprimată, în mod aproximativ, cu relaţia:

$$P_t = P_e + P_d + F_a ,$$

unde P_e este greutatea epavei, P_d greutatea depunerilor de pe exteriorul şi din interiorul epavei, iar F_a forţa de adeziune a epavei de fundul apei. De obicei, toate aceste forţe sunt exprimate în tf (tone forţă).

În practică se poate folosi şi o relaţie mai simplă, după ce toate depunerile epavei au fost înlăturate:

$$P_t = a\,D ,$$

unde *a* este o constantă ce poate lua valori în domeniul 1,3...1,4, iar *D* este deplasamentul navei exprimat de obicei în tone forță la încărcarea din momentul scufundării.

6.4. METODE DE RANFLUARE ŞI RECUPERARE A NAVELOR SCUFUNDATE

Dintre metodele de ranfluare, cele mai importante şi cel mai des utilizate sunt metodele bazate pe: utilizarea exclusivă a forțelor exterioare de ridicare, utilizarea flotabilității navei de ranfluat (epavei), o combinație a primelor două metode şi distrugerea parțială sau totală a epavei şi ridicarea acesteia pe bucăți, la suprafață.

6.4.1. METODE DE RANFLUARE CARE UTILIZEAZĂ FORȚE DE RIDICARE EXTERIOARE

Metodele de ranfluare care utilizează forțe de ridicare exterioare (fig. 6.7), sunt metode navale specializate, utilizând pentru ranfluarea epavelor, nave specializate, pontoane şi şlepuri ridicătoare, macarale plutitoare sau flotori metalici.

Astfel, în acest scop, sunt utilizate *nave specializate* în ranfluare, de mari dimensiuni, prevăzute cu compartimente de balast, cu binte puternice, cu instalații de remorcare, cu pompe de mare putere, fixe şi submerse, cu compresoare de aer, cu aparate de sudură şi tăiere oxi-gaz şi oxi-arc, cu generatoare electrice, precum şi cu echipe de scafandri cu echipamentele de scufundare specifice. Aceste nave, utilizează forța de ridicare rezultată din variația de pescaj.

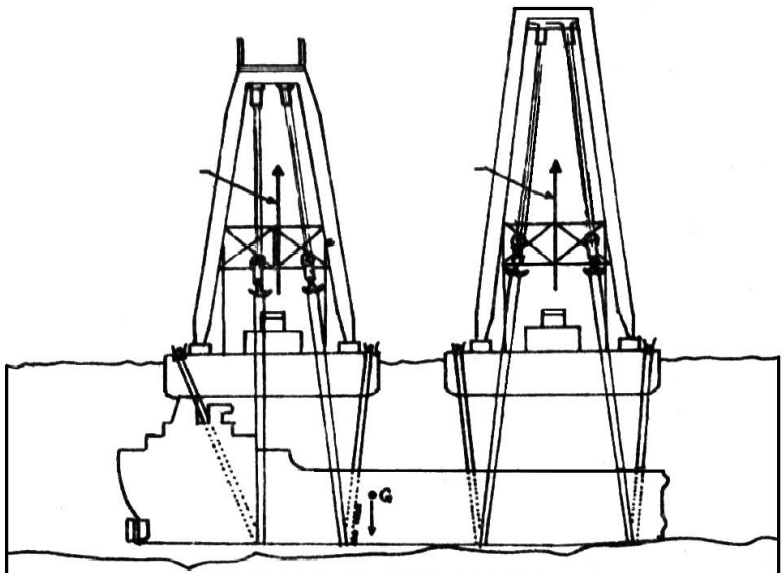


Fig. 6.7. Metodă de ranfluare care utilizează forțe de ridicare exterioare.

Pentru ranfluare, navele specializate se poziționează deasupra epavei şi lansează mai multe cabluri din oțel (traine) pe care scafandrii le trec pe sub corpul epavei. Trainele sunt întinse şi strâns legate de bintele navei care începe golirea compartimentelor de balast. Astfel, epava este ridicată la o înălțime de numai câțiva

metri față de fundul apei (înălțimea egală cu variația de pescaj a navei de ranfluare, rezultată din creşterea flotabilității) şi transportată pe funduri mai puțin adânci. Forța de ridicare în aceste cazuri este în funcție de deplasamentul *D* al navei de ranfluat care poate ajunge la 2000...3000 tf.

Pe apele interioare şi în porturi, epavele mai pot fi ridicate şi cu ajutorul unor *pontoane* sau *şlepuri ridicătoare* (fig. 6.8). Pontoanele ridicătoare sunt prevăzute cu cabluri acționate cu vinciuri, care trec prin borduri sau puțuri centrale şi sunt utilizate pentru ranfluarea epavelor cu greutăți de până la 600 tf. Când cablurilor de ridicare trec peste bord, echilibrul pontoanelor este asigurat prin tancuri de contrabalast aşezate spre exterior. Distanța dintre pontoane este menținută cu şcondrii din lemn.

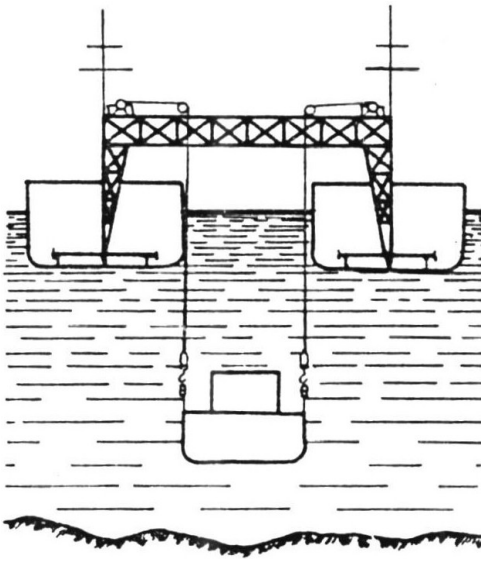


Fig. 6.8. Ridicarea epavelor utilizând şlepuri ridicătoare.

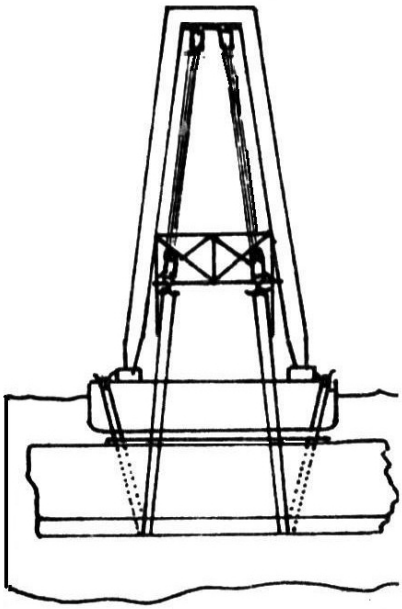


Fig. 6.9. Ridicarea unei epave cu ajutorul unei macarale plutitoare.

Şlepurile ridicătoare sunt mai perfecționate şi mai puternice decât pontoanele de ridicare. Pentru ranfluare, şlepurile se poziționează la o distanță de 12...15 m şi se solidarizează cu 2...4 poduri metalice rezemate de centrul lor. Se formează astfel o navă de ranfluare foarte stabilă şi cu forță de ridicare de aproximativ 1000...1200 tf. Şlepurile sunt prevăzute cu pompe pentru îndepărtarea nămolului şi evacuarea apei din epavă. De asemenea, şlepurile sunt prevăzute cu chingi şi cabluri din oțel care se trec pe sub epavă, cu instalații de guvernare şi ancorare, precum şi cu motoare puternice.

Pentru ridicarea epavelor sunt utilizate şi *macarale plutitoare* cu mare capacitate de ridicare, de până la 500 tf (fig. 6.9). Atunci când se utilizează macarale plutitoare, trebuie ținut cont de o corectă reglare a tuturor dispozitivelor de legare şi de ridicare, astfel ca unele cabluri să nu fie încărcate prea mult şi să se rupă. De asemenea, chingile de ridicare trebuie aşezate în dreptul secțiunilor transversale întărite ale epavei, pentru ca aceasta să nu se deformeze sau să nu aibă loc forfecarea acesteia.

Flotorii metalici (chesoanele) pot asigura o forță de ridicare a epavei de aproximativ 150 tf. Chesoanele sunt aşezate de o parte şi de alta a epavei şi sunt fixate de corpul acesteia cu cabluri. Se mai pot utiliza şi flotori din cauciuc sau din material plastic care, după fixarea de corpul epavei, sunt umflați cu aer comprimat, asigurându-se astfel flotabilitatea pozitivă necesară ridicării epavei.

6.4.2. METODE DE RANFLUARE CARE UTILIZEAZĂ FLOTABILITATEA NAVEI DE RANFLUAT

Metodele de ranfluare ce utilizează flotabilitatea navei de ranfluat constau în evacuarea apei din epavă şi/sau din înlocuirea ei cu aer comprimat, crescându-se astfel flotabilitatea necesară epavei pentru a se ridica la suprafață.

La începutul operațiunii de ranfluare, se astupă toate găurile de apă şi deschiderile prin care apa poate pătrunde în corpul navei de ranfluat. Această activitate este realizată de scafandri cu ajutorul unor panouri (paieți) confecționate din lemn, prin sudarea unor plăci din oțel, sau cu ajutorul unor batardouri din beton. Paieții pot fi de diferite tipuri şi dimensiuni în funcție de mărimea găurii de apă şi se montează după tăierea şi modificarea corespunzătoare a deschiderilor.

6.4.2.1. Materiale şi dispozitive de avarie pentru astuparea găurilor de apă la corpul navei

Pentru astuparea diferitelor tipuri de găuri de apă produse corpului unei epave în vederea ranfluării ei, prin folosirea metodelor care utilizează flotabilitatea epavei, există o serie de materiale şi dispozitive speciale prezentate în continuare.

Plasturele metalic cu şurub de fixare tip PB-1 (plasturele cu ancoră) (fig. 6.10) este utilizat pentru astuparea găurilor de apă de mici dimensiuni (< 0,2 m^2). Greutatea unui astfel de plasture este de 1,5 kgf. Acesta este format dintr-un şurub de fixare cu clemă pivotantă (rotitoare) care se roteşte pe un ştift dintr-un resort în spirală, o garnitură din cauciuc, un disc de presare şi o piuliță cu mâner. Pentru aplicarea plasturelui pe gaura de apă, clema pivotantă se aşează în aşa fel pe gaura de apă încât aceasta, petrecându-se peste bordaj, să se întoarcă (răsucească) sub acțiunea resortului, perpendicular pe axul şurubului de fixare, după care plasturele se strânge de bordajul corpului.

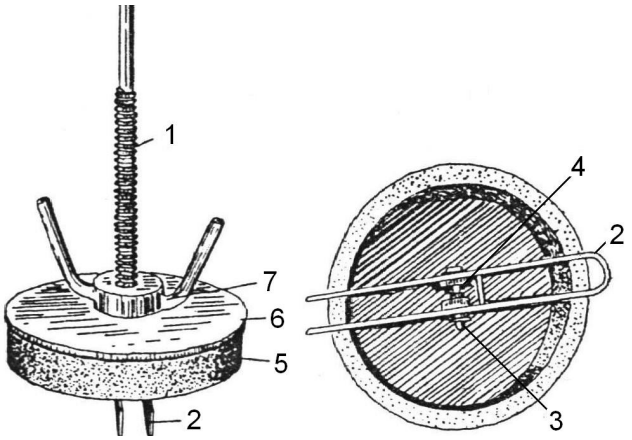


Fig. 6.10. Plasture metalic cu şurub de

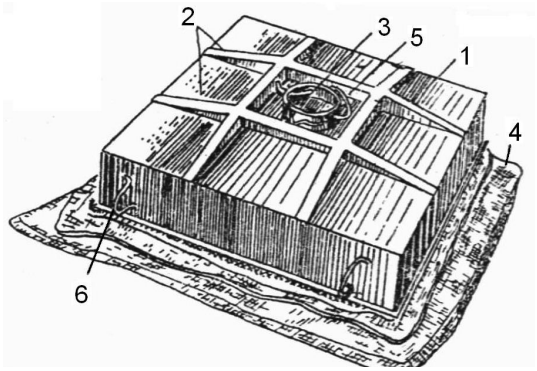


Fig. 6.11. Plasture metalic cu supapă:

fixare: 1– şurub; 2– clemă pivotantă; 3– ştift; 4– resort; 5– garnitură din cauciuc; 6– disc de presare; 7– piuliță.

1– corp metalic; 2– nervuri de rigidizare; 3– locaş pentru suport; 4– supapă din pânză; 5– arc de blocare; 6– mâner.

Plasturele metalic cu supapă (fig. 6.11) este utilizat pentru astuparea găurilor de apă mici (< 0,2 m^2). Cu ajutorul acestui plasture se pot astupa găuri de apă cu diametrul de până la 450 mm şi cu înălțimea marginilor rupte îndreptate spre plasture de până la 100 mm. Acesta este format dintr-un corp metalic prevăzut cu un fund consolidat prin nişte nervuri de rigiditate şi care are un lăcaş cu un arc de blocare pentru fixarea călcâiului suportului metalic glisant. Dispozitivul de etanşare al plasturelui este executat sub forma unei supape de pânză formată dintr-un cadru din pânză ale cărui margini sunt aşezate atât în interiorul cât şi în exteriorul plasturelui.

Lățimea părții interioare şi exterioare a supapelor este de 60...80 mm. Supapa de pânză se fixează de corpul plasturelui prin nişte plăcuțe metalice ce se prind în şuruburi. Pentru fixarea saulelor de plasture, pe el se sudează nişte mânere.

Plasturii cu supapă sunt confecționați în trei dimensiuni: 250×250 mm cu greutatea de 4,5 kgf, 300×300 mm şi cu greutatea de 5,7 kgf şi 500×500 mm şi cu greutatea de 15,3 kgf.

Găurile de apă mari (0,2...2 m^2) şi cele foarte mari (>2 m^2) necesită astuparea lor cu ajutorul unor plasturi de dimensiuni mai mari. Confecționarea unui plasture de dimensiuni mari depinde de adâncimea apei, de mărimea găurii şi de locul în care se află aceasta. În figura 6.12 este prezentată o diagramă cu care se poate determina mărimea plasturelui în funcție de adâncimea apei. Pentru determinarea adâncimii apei, măsurătorile se fac de la suprafața apei până la marginea inferioară a găurii.

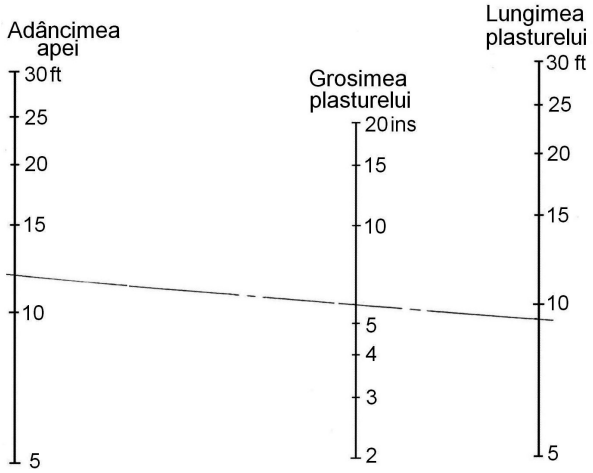


Fig. 6.12. Diagramă pentru determinarea grosimii unui plasture funcție de adâncimea apei şi de lungimea acestuia.

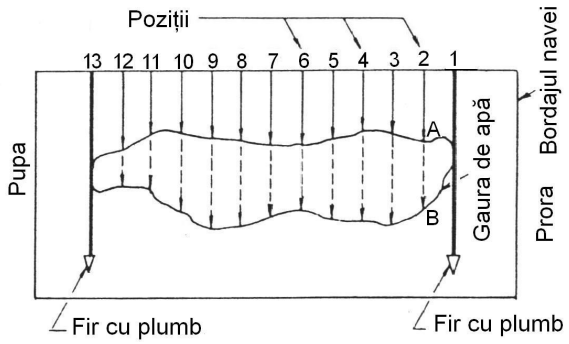


Fig. 6.13. Modalitate de notare a dimensiunilor găurii de apă.

Mărimea găurii se determină cu ajutorul firului cu plumb. Scafandrul plasează mai întâi firul cu plumb la marginea dinspre prova a găurii şi poziția este notată la suprafață. Apoi, poziționează firul la celălalt capăt al găurii, notându-se poziția. Aceste poziții stabilesc lungimea găurii de apă. Apoi, scafandrul pune firul cu plumb în mai multe locuri de-a lungul întregii lungimi a găurii, plumbul fiind poziționat

alternativ la extremitățile superioare şi inferioare ale găurii, de la un capăt la altul. Toate aceste poziții sunt notate la suprafață, astfel că se poate obține un plan precis al dimensiunilor găurii, arătate şi în figura 6.13.

Plasturele solid din lemn, cu margini moi (fig. 6.14) este destinat astupării găurilor mari cu dimensiuni de până la 750×750 mm, produse în porțiunile de bordaj plane sau la cele care au o curbură nesemnificativă. Acesta este format din două rânduri de scânduri, unul din interior şi altul din exterior, având un al treilea strat compus din pânză (tendă) şi margini moi.

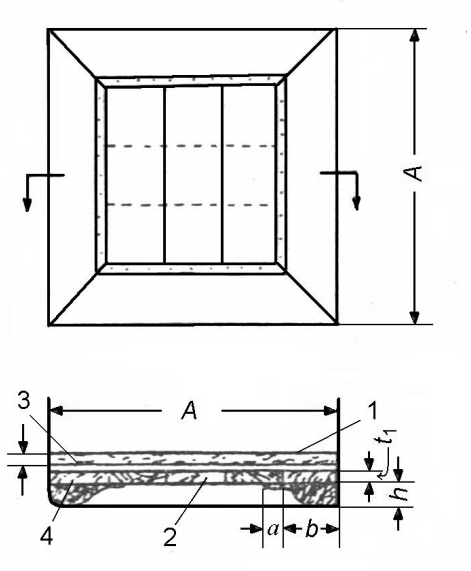


Fig. 6.14. Plasture solid din lemn cu margini moi: 1– strat exterior de scânduri; 2– strat interior de scânduri; 3– strat de tendă; 4– margine moale.

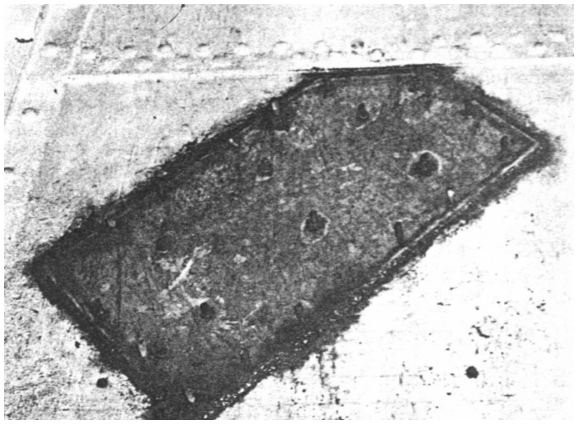


Fig. 6.15. Plasture solid cu garnitură din cauciuc (foto U.S. Navy).

În tabelul 6.1 se prezintă, informativ, unele dimensiuni pentru aceşti plasturi. Marginile moi asigură lipirea mai strânsă a plasturelui de corpul navei. Acest plasture poate fi şi din metal, marginile moi fiind înlocuite cu o garnitură din cauciuc (fig. 6.15). Atunci când gaura de apă are colțuri şi ondulări care împiedică aplicarea plasturelui, acestea fie se îndreaptă de către scafandru cu ajutorul unui ciocan, fie se taie oxi-arc (oxi-gaz) sau cu ajutorul unui disc abraziv.

Tabelul 6.1

Caracteristici pentru plasturele solid cu margini moi

A	*b*	*h*	*a*	*t*	t_1	Greutatea
[mm]						[kgf]
1000	120	60	50	25	60	57,0
500	120	60	30	25	40	12,6
300	70	35	20	10	10	2,5
250	70	35	20	10	10	1,8

Plasturele fixat la o gaură de apă se consolidează de bordaj cu ajutorul unor buloane cu cârlig, a unor buloane cu cap rabatabil, a unor dispozitive metalice reglabile de strângere, a unor dispozitive universale de strângere, a unor cricuri cu şurub, sau a unor ghidaje din lemn, prezentate în continuare.

Buloanele cu cârlig şi piuliță (fig. 6.16) sunt destinate pentru aplicarea pe gurile de apă a plasturelui cu margini moi. Acestea sunt prevăzute cu piulițe şi cu şaibe. Bulonul cu piuliță poate avea dimensiunile arătate în figură şi greutatea de 2,3 kgf.

Aplicarea unui paiet (plasture) pe o gaură de apă ale cărei colțuri şi ondulări sunt îndreptate spre paiet (în exterior) se face din interiorul compartimentului inundat (fig. 6.17). De cârligul bulonului se prinde o bară transversală metalică lungă de 0,5...1,5 m, în funcție de dimensiunile găurii de apă, se leagă de cârlig cu ajutorul unei saule şi se introduce în gaura de apă în aşa fel încât, cu capetele sale, ea să se sprijine pe bordajul corpului epavei. Bulonul cu piulița scoasă şi cu şaiba se introduc prin orificiul paietului şi, prin înşurubarea piuliței, se presează paietul de corpul epavei.

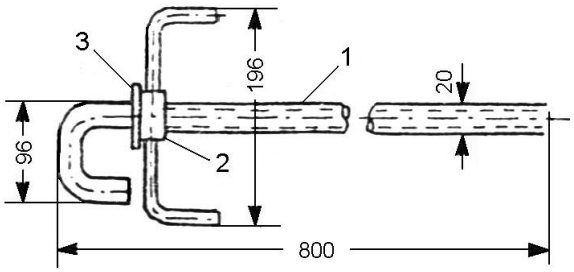


Fig. 6.16. Bulon cu cârlig şi piuliță:
1– bulon; 2– piuliță cu mânere; 3– şaibă.

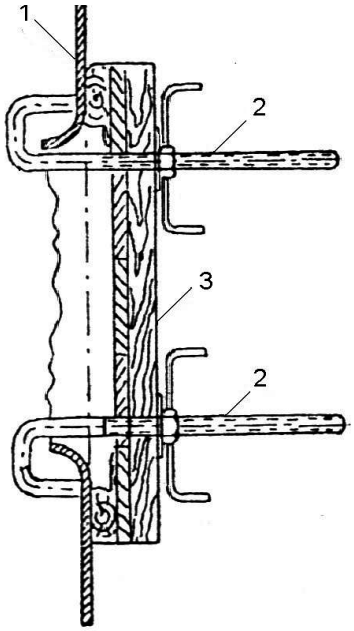


Fig. 6.17. Aplicarea unui paiet din interiorul compartimentului inundat: 1– bordajul exterior; 2– bulonul cu piuliță; 3– paietul.

Dacă gaura de apă are colțuri şi ondulări îndoite în interior, cârligele buloanelor se vor prinde direct de marginile găurii de apă şi barele transversale nu se mai pun. În acest caz, paietul se fixează de corpul epavei cu ajutorul a două sau patru buloane cu piuliță. Plasturii din metal pot fi şi sudați pe margini de către scafandru.

Buloanele cu cap rabatabil (fig. 6.18) sunt destinate pentru aplicarea pe găurile de apă a unui paiet (plasture) cu marginile moi. Bulonul cu cap rabatabil are dimensiunile indicate în figură şi cântăreşte 4,4 kg. Clema rabatabilă este unită cu bulonul printr-un ştift care are o şaibă. La capătul liber, bulonul are o parte filetată, iar tija bulonului se termină printr-un pătrat şi este prevăzută cu un orificiu pentru trecerea ştiftului.

La instalarea paietului pe gaura de apă, bulonul cu clemă rabatabilă răsucită de-a lungul axului bulonului, se introduce în gaura de apă şi se aşează în aşa fel încât clema să se dispună de-a curmezişul găurii de apă şi să se rezeme pe bordajul epavei. Capătul filetat al bulonului, cu piulița scoasă, se trece prin orificiul paietului şi, prin înşurubarea piuliței, acesta din urmă este presat de bordaj. Buloanele cu cap rabatabil se pot întrebuința la aplicarea paietului asupra găurilor de apă a căror lățime nu depăşeşte 350 mm.

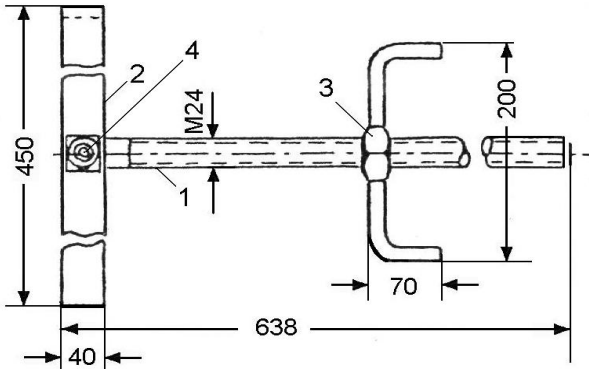


Fig. 6.18. Bulon cu clemă rabatabilă:
1– tija bulonului; 2– clemă rabatabilă;
3– piuliță cu mânere; 4– ştift.

Dispozitivele metalice reglabile pentru strângere sunt destinate pentru consolidarea paietului şi a altor mijloace de astupare, precum şi pentru consolidarea pereților etanşi, capacelor, tambuchiurilor, găurilor de apă etc. Se întrebuințează dispozitive metalice de strângere de patru dimensiuni arătate în tabelul 6.2 şi care se deosebesc prin sarcina admisibilă şi gabarit.

Tabelul 6.2

Caracteristicile dispozitivelor metalice reglabile pentru strângere

	U/M	Date tehnice			
Mărimea	–	1	2	3	4
Lungimea maximă	mm	2500	1500	1700	60
Sarcina admisibilă la o lungime maximă	kgf	1500	1500	750	3000
Lungimea minimă	mm	1460	960	1010	400
Sarcina admisibilă la o lungime minimă	kgf	3000	3000	1500	3000
Diametrul tubului exterior	mm	65	60	48	55
Diametrul tubului interior	mm	54	48	38	38

Dispozitivele din primele trei mărimi (1, 2 şi 3) sunt arătate în figura 6.19, sunt asemănătoare din punct de vedere constructiv şi se compun, în principal, dintr-un tub exterior alungit cu ajutorul unei bucşe filetate şi sudate de acesta şi dintr-un tub interior. La capătul tubului exterior şi la capătul opus al tubului interior este sudat câte un pivot sferic la care, cu ajutorul unor semirondele şi al unor buloane, sunt îmbinate nişte lagăre axiale. Pe bucşa filetată se află o piuliță circulară cu două mânere şi şaibe. De şaibă, cu ajutorul unui şnur, este legată o pană. Pentru fixarea penei în corpul dispozitivului metalic reglabil, în bucşa filetată există un şanț longitudinal străpuns, a

cărui lungime este puțin mai mică decât lungimea părții filetate a bucşei. În tubul interior există orificii ovale străpunse, de dimensiuni ceva mai mari decât secțiunea transversală a penei. Dispozitivul reglabil de strângere de mărimea a 4-a se deosebeşte prin construcție de dispozitivele descrise anterior prin aceea că, la unul dintre capetele tubului exterior are o talpă fixă numită crapodină şi un mâner cu clichet. Toate aceste piese sunt fabricate din oțel.

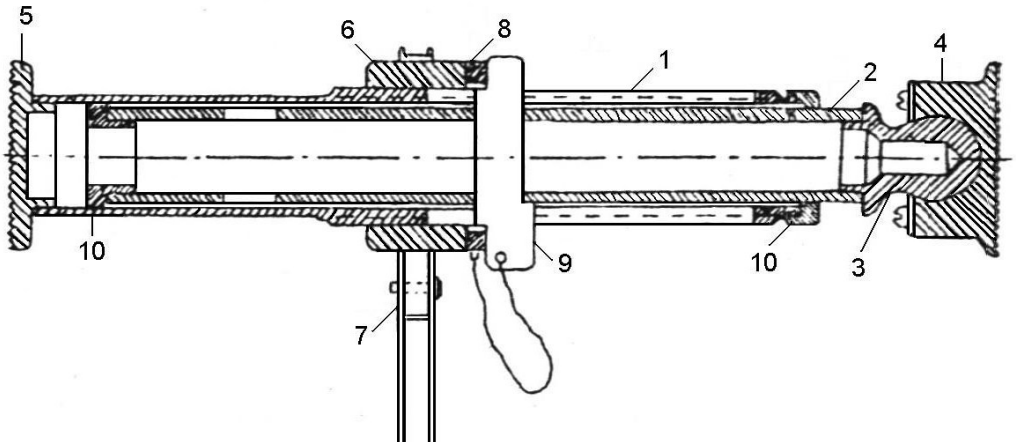


Fig. 6.19. Dispozitiv metalic reglabil pentru strângere: 1– tub exterior; 2– tub interior; 3– pivot sferic; 4,5– lagăr axial; 6– piuliță; 7– mâner cu clichet; 8– şaibă; 9– pană; 10– bucşă de ghidare.

Atunci când se utilizează dispozitivul de strângere, din el se scoate pana, talpa lagărului axial al tubului exterior se sprijină de construcția solidă a corpului sau de fundamentul mecanismului, tubul interior este împins din cel exterior în aşa fel încât talpa lagărului axial al acestuia să se apropie, pe cât posibil mai mult, de construcția ce trebuie consolidată sau de paietul ce trebuie aplicat, iar unul dintre lăcaşele axiale ale tubului interior să iasă peste piulița rotundă. Pana se aşează în acest locaş, prin rotirea piuliței de mâner sau de mânerul cu clichet, aceasta se deplasează până când se reazemă de pană. Rotind mai departe piulița de presiune, tubul interior este împins, presând lagărul axial de construcția ce trebuie consolidată sau de paiet.

Dispozitivele universale de strângere (fig. 6.20) sunt destinate pentru fixarea paietului care se aplică pe găurile de apă, în special din interiorul compartimentului inundat. Se întrebuințează dispozitive universale de strângere de două tipuri, ce se deosebesc prin forma dispozitivelor de prindere (forma ghearelor de prindere): pentru coastele cu profile unghiulare (fig. 6.20,*a*) şi pentru coastele cu profile ovale (fig. 6. 20,*b*). Principalele caracteristici ale dispozitivelor universale de strângere sunt arătate în tabelul 6.3.

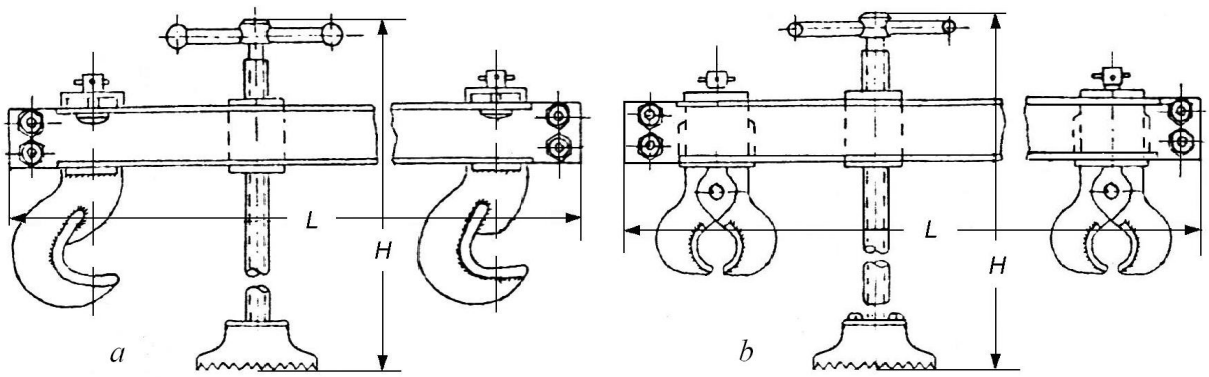


Fig. 6.20. Dispozitiv universal de strângere:
a – pentru coastele cu profile unghiulare; *b* – pentru coastele cu profile ovale.

Tabelul 6.3

Caracteristicele dispozitivelor universale de strângere

	U/M	Date tehnice	
Intervale între coaste	mm	500	800
Lungimea *L*	mm	720	950
Înălțimea *H*	mm	360	360
Greutatea *G*	kgf	15,4	17,8

Dispozitivul universal de strângere reprezintă o grindă formată din două profile I unite între ele prin platbande de legătură. Pe grindă sunt aşezate două gheare mobile cu şuruburi de blocare şi o piuliță-culisantă (alunecătoare) cu şurub de strângere care trece prin ea. La unul dintre capete, şurubul de strângere are un mâner, iar la celălalt capăt are un suport legat de şurub printr-o şaibă de siguranță. Ghearele de prindere pentru coastele cu profil unghiular sunt nişte piese sudate în întregime care se deplasează de-a lungul grinzii şi sunt fixate pe aceasta cu ajutorul şuruburilor de blocare. Dispozitivul de prindere pentru coastele cu profil oval (fig. 6.21) are o gheară exterioară formată din două părți fasonate, prinse puternic una de alta. Între ele există un spațiu liber în care intră o gheară de prindere interioară care are aceeaşi formă. Ghearele sunt legate în partea mijlocie printr-un ax şi în partea superioară printr-un arc.

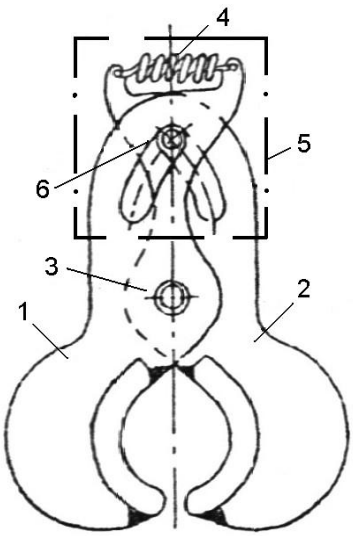


Fig. 6.21. Dispozitiv de prindere pentru coaste cu profil oval: 1– gheară exterioară; 2– gheară de prindere; 3– ax; 4– arc; 5– piuliță culisantă; 6– pană.

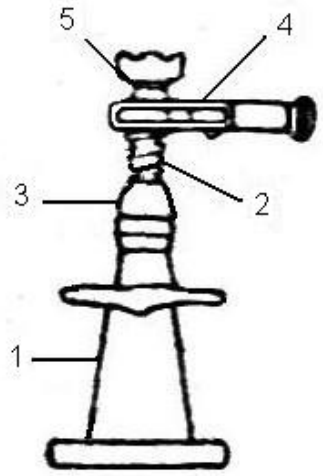


Fig. 6.22. Cric cu şurub: 1– corp; 2– şurub de ridicare; 3– piulițe; 4– mâner cu clichet; 5– cap de susținere.

Cu partea superioară, dispozitivul de prindere este introdus în piulița culisantă (cursor), care se poate deplasa de-a lungul grinzii şi care se poate bloca pe ea cu ajutorul unui şurub. Cursorul este legat rigid de dispozitivul de prindere cu pana care trece liber printr-un şanț al ghearelor. Şanțurile sunt astfel dispuse încât, la introducerea ghearelor în cursor, capetele lor superioare alunecând pe pană se despart, învingând forța arcului. În acest caz, capetele inferioare ale ghearelor apucă profilul oval şi apoi sub acțiunea arcului ghearele se strâng.

Atunci când se folosesc dispozitivele universale de strângere, se slăbesc şuruburile de oprire ale dispozitivelor de prindere, acestea se desfac la o lățime necesară şi apucă de coastele navei, după care dispozitivele de prindere sunt blocate cu ajutorul unor şuruburi. Prin răsucirea şurubului de strângere, paietul instalat pe gaura de apă este presat de bordajul epavei.

Cricurile cu şurub (fig. 6.22) sunt destinate pentru fixarea paieților ce se instalează pe găurile de apă ale corpului epavei şi pentru consolidarea capacelor deschiderilor, tambuchiurilor etc. Se utilizează de obicei, cricuri cu şurub ce au o capacitate de ridicare de 1 şi 3 tone şi care au o greutate de 4,8 kgf şi respectiv de 10,6 kgf. În piulița fixată rigid în corpul cricului se înşurubează şurubul de ridicat pe a cărui parte superioară este fixat mânerul cu clichet. Capul de sprijin este legat în mod articulat cu şurubul de ridicat. Pentru fixarea paietului sau consolidarea construcției corpului epavei, talpa cricului se sprijină de piesa fixă. La rotirea şurubului de ridicare, capul de sprijin presează paietul de corpul epavei sau consolidează construcția respectivă.

Ghilele din lemn sunt utilizate pentru fixarea paieților pe găurile de apă, dar în special pentru consolidarea pereților etanşi verticali, uşilor, tambuchiurilor şi gurilor de vizitare din interior. În figura 6.23 este prezentat procedeul de consolidare a capacului unui tambuchi mare (>600×700 mm) cu ajutorul a două ghile din lemn, a garniturilor şi a penelor pentru asigurarea unei aplicări uniforme a capacului pe rama

tambuchiului. Consolidarea capacului unui tambuchi mic se face prin aceleaşi proceduri, cu o singură ghilă de întărire din lemn.

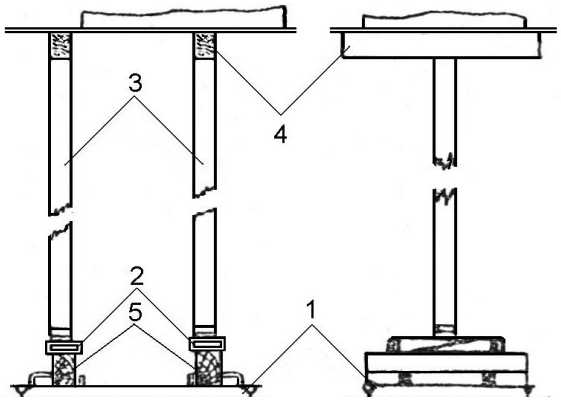


Fig. 6.23. Consolidarea capacului unui tambuchi mare: 1– capac; 2– pene; 3– ghile de întărire; 4– suporți superiori; 5– suporți inferiori.

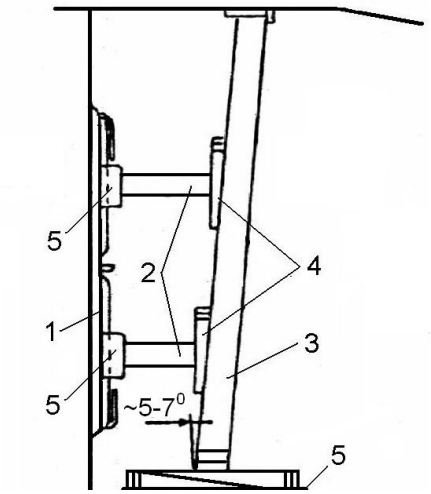


Fig. 6.24. Consolidarea uşilor etanşe: 1– uşă; 2,3– ghile; 4– pene; 5– suporți.

În figura 6.24 este arătat procedeul de consolidare al unei uşi etanşe cu ajutorul ghilelor de întărire din lemn.

Găurile de apă mari, care au marginile îndreptate către interior, se pot astupa din exteriorul bordului şi cu ajutorul unor paieți din lemn cu margini moi, fixați cu parâme care se trec pe sub chila epavei. Dacă gaura de apă a fost produsă într-o zonă a bordajului unde pereții nu sunt drepți, atunci se confecționează un paiet special după conturul bordajului din zona în care se află avaria. Dacă gaura de apă are margini mai neregulate, îndoite către exterior, atunci acestea trebuie tăiate de către scafandru prin procedeul oxi-arc sau, oxi-gaz, sau utilizând un disc abraziv montat pe un polizor acționat hidraulic sau pneumatic.

Pentru aplicarea unui paiet pe o gaură mare de apă, se întrebuințează parâme metalice (fig. 6.25) sau lanțuri care trec pe sub chila navei şi care se fixează de paiet cu ajutorul unor scoabe. Pentru o mai bună fixare a paietului de bordajul corpului epavei, la marginile paietului se bat nişte traverse sau grinzi din lemn, iar în locurile de trecere a parâmelor metalice de pe bordaj pe punte, sub ele, se aşează nişte suporți din lemn. Pe punte, parâmele se întind cu ajutorul întinzătoarelor.

Găurile de apă produse la fundul sau pe zona gurnei corpului metalic al unei epave, pot fi astupate cu ajutorul unui cheson din beton aplicat din interiorul compartimentului inundat respectiv. Chesonul de reparații se compune dintr-o cutie paralelipipedică din lemn sau oțel deschisă pe fața care se aplică pe navă. Muchiile părții care se aplică pe navă trebuie să aibă exact formele acesteia. Mortarul de ciment se pregăteşte cu apă dulce, din ciment cu priză rapidă şi nisip. După ce gaura de apă a fost astupată cu ajutorul unui paiet, se aplică de către scafandru pe bordajul navei, în dreptul găurii, un cheson. Mortarul pregătit este transmis scafandrului pentru a-l aşeza în cheson, fie în saci, fie cu o pâlnie. După ce cimentul s-a solidificat, se evacuează apa din compartimentul inundat.

6.4.2.2. Astuparea de către scafandri a găurilor de apă

Pentru astuparea unei găuri de apă dinspre exteriorul bordajului, lângă locul găurii de apă se leagă o parâmă sau un chioşc (paner). Scafandrul coboară sub apă, precizează locul găurii de apă şi poziţia parâmei de chilă sau a chioşcului (panerului). După ce şi-a pregătit locul de lucru, scafandrul cercetează amănunţit gaura de apă determinând forma şi dimensiunile găurii de apă, marginile neregulate şi direcţia în care sunt îndoite (spre exterior sau spre interior), locurile baselelor sau fisurile în bordaj, din apropierea găurii de apă. De asemenea, scafandrul stabileşte procedeul de aplicare al paietului pe gaura de apă. În funcţie de datele rezultate din cercetarea de către scafandru a găurii de apă, se aleg tipul şi dimensiunile paietului sau se confecţionează, cu mijloacele existente la bord, paietul de care este nevoie. Marginile neregulate ale găurii de apă care ies în exterior se taie oxi-arc sau, dacă este posibil, se îndoaie spre interior prin lovire cu ciocanul. După ce gaura de apă a fost curăţată de margini neregulate, se aplică paietul sau un panou de dimensiuni corespunzătoare. În cazul în care dimensiunile găurii de apă sunt mici, se bate un dop sau o pană de lemn. Paietul, panoul şi alte materiale de astupare care sunt date scafandrului sub apă, trebuie să aibă lest, pentru ca flotabilitatea lor să fie negativă. Paietul pregătit pentru a fi aplicat este transmis scafandrului pe o parâmă, iar paieţii cu dimensiuni mai mari de 1 m^2 sunt transmişi pe un curent de chilă cu o macara. Scafandrul apropie paietul de gaura de apă şi introduce buloanele cu cârlig ale paietului în aşa fel încât acestea să se agaţe de marginile găurii de apă. După aceasta, scafandrul înşurubează piuliţele buloanelor şi strânge paietul pe gaura de apă, urmărind ca marginile moi ale paietului să fie presate în mod uniform. La paieţii de dimensiuni mari, se leagă unul sau doi curenţi de chilă şi se întind conform indicaţiilor scafandrului.

Găurile de apă de dimensiuni mici şi fisurile se astupă, de regulă, cu ajutorul plasturilor. Când dimensiunile găurii de apă sunt de 350×350 mm sau mai mici, plasturele poate fi fixat pe gaura de apă printr-un singur bulon cu cap pivotant. Pentru aplicarea unui asemenea plasture, scafandrul trebuie să introducă capul pivotant al bulonului în gaura de apă. Apoi, aplicând plasturele pe gaura de apă, bulonul trebuie în aşa fel aşezat încât capul său pivotant să treacă dincolo de marginile opuse ale găurii de apă şi, înşurubând piuliţa bulonului, plasturele să se preseze etanş pe gaura de apă. Se procedează apoi la sudarea marginilor paietului (fig. 6.26).

Găurile de apă produse la corpul unei nave pot fi astupate din interiorul compartimentelor inundate cu ajutorul plasturelui (paieţilor) sau prin cimentare. Astfel, scafandrul coborât într-un compartiment inundat pentru a astupa găurile de apă, trebuie să cureţe trecerea către gaura de apă, să stabilească forma şi dimensiunile găurii de apă, să înlăture marginile neregulate şi să stabilească ce metodă poate fi folosită pentru fixarea paietului sau a unui alt mijloc de astupare a găurii de apă. Pentru aceasta, scafandrului i se transmite un paiet (plasture) sau un panou ajustat sau confecţionat, având dimensiunile necesare. Paietul sau panoul, împreună cu balastul respectiv, trebuie să aibă flotabilitatea negativă. Paietul sau panoul se aşează pe gaura de apă în aşa fel încât toate marginile găurii de apă să fie acoperite uniform. Pe gaura de apă, sub panou, se aşează perne cu câlţi, iar paietul se etanşează pe gaura de apă cu ajutorul marginilor sale moi.

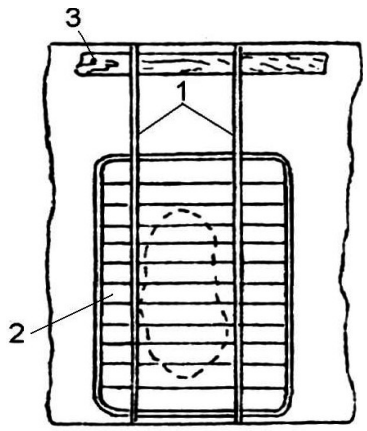


Fig. 6.25. Aplicarea unui paiet mare utilizând parâme metalice: 1– parâme metalice care trec pe sub chila navei; 2– paiet; 3– suport.

Fig. 6.26. Un paiet fixat, având marginile sudate.

Paieții şi panourile pot fi fixați pe gaura de apă cu ajutorul unor suporți de lemn sau a unor dispozitive metalice reglabile de strângere. Pentru a se fixa paietul sau panoul cu ajutorul unui suport de lemn, scafandrul caută la început un loc pentru aşezarea suportului şi măsoară distanța de la locul acestuia până la gaura de apă. Suportul ajustat sau confecționat după dimensiuni, se aşează pe locul ales şi se împănează până când paietul este strâns perfect de bordaj (fig. 6.27).

Pentru fixarea unui paiet cu ajutorul unui dispozitiv metalic reglabil de strângere, după distanța măsurată de scafandru, se ajustează un dispozitiv de dimensiuni corespunzătoare şi, la nevoie, acesta se alungeşte atât cât trebuie. Apucând dispozitivul, scafandrul aşează un capăt al acestuia pe paiet, celălalt capăt îl apropie de suport iar, prin rotirea mânerului cu clichet, desface dispozitivul până la presarea definitivă a paietului. Pe găurile de apă de dimensiuni mici, situate între coastele navei, paieții se fixează cu ajutorul unor dispozitive de strângere. În timpul fixării unui paiet pe o gaură de apă cu ajutorul unui dispozitiv de strângere universal, scafandrul mai întâi primeşte şi apoi instalează pe gaura de apă dispozitivul de strângere. Pentru aceasta, scafandrul fixează dispozitivul de strângere de coastele navei cu ajutorul ghearelor şi deşurubează până la refuz şurubul de strângere. După aceasta, scafandrul introduce paietul sau panoul sub dispozitiv şi, cu ajutorul şurubului de strângere al dispozitivului, îl presează etanş pe gaura de apă.

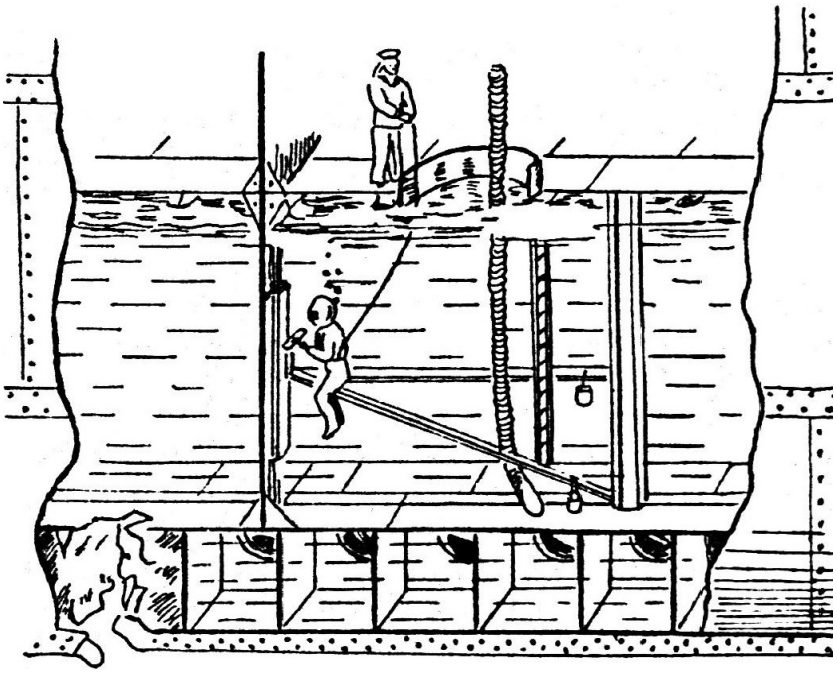


Fig. 6.27. Instalarea, de către scafandru, a unui suport pentru consolidarea unui perete etanş vertical.

6.4.2.3. Evacuarea apei din corpul navei cu ajutorul pompelor

După efectuarea tuturor reparațiilor şi aplicarea paieților pe găurile de apă ale corpului epavei, se poate începe operațiunea de pompare a apei din interiorul epavei, conform planului de ranfluare stabilit.

Se recomandă ca înaintea începerii acestei operațiuni, un scafandru să examineze starea în care se află toți paieții aplicați pe găurile de apă. De asemenea, este necesar ca scafandrul să inspecteze paieții şi în timpul evacuării apei din compartiment, atunci când presiunea exterioară a apei este mai mare decât cea din interiorul compartimentului inundat.

Atunci când adâncimea apei este mică şi nu acoperă epava în totalitate, pompa trebuie astfel poziționată încât înălțimea de amplasare față de suprafața liberă a apei să nu depăşească 5 m. În acest caz, pentru golirea unui compartiment inundat, pompa se instalează pe puntea neinundată, în apropierea compartimentului inundat, pe o punte descoperită, sau pe o platformă, lângă bord (fig. 6.28).

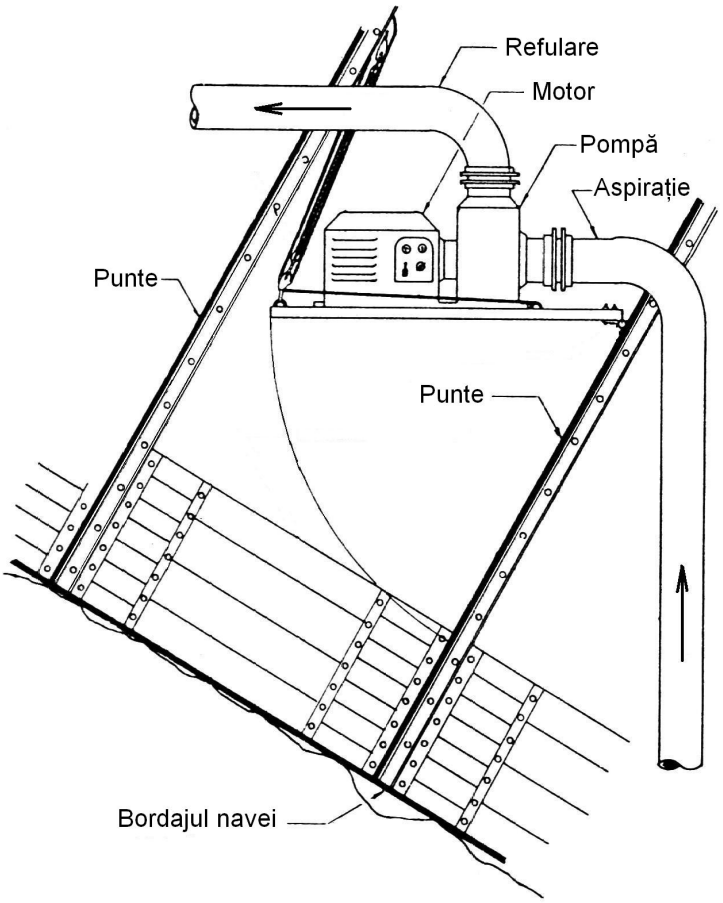


Fig. 6.28. Instalarea pompei pe o platformă în apropierea bordului navei.

În cazul în care epava se află scufundată complet, la o adâncime mai mare, este necesar ca paietul (din metal) cu care s-a astupat gaura de apă, să fie prevăzut cu un racord pentru fixarea furtunului de aspirație al pompei. În acest caz, se poate utiliza o pompă submersibilă.

Pompele se transportă la locul unde vor funcționa cu ajutorul unei macarale. După instalare, pompa trebuie fixată cu ajutorul unei parâme. Furtunul de refulare se cuplează la racordul de refulare al pompei, iar al doilea capăt al său se trece peste bord prin puntea superioară sau printr-un hublou (dacă epava nu este complet scufundată). Furtunul de aspirație se cuplează la racordul de aspirație al pompei, iar al doilea capăt al său, împreună cu sorbul, se coboară în compartimentul inundat (dacă epava nu este scufundată complet), sau se cuplează la racordul de pe paietul metalic al găurii de apă. Cel mai utilizat tip de pompă este pompa centrifugă, acționată de un motor cu ardere internă (cu benzină sau diesel). Aceasta datorită atât simplității constructive a pompei centifuge cât şi cheltuielilor de exploatare relativ reduse.

Valorile maxime ale înălțimilor de pompare ce pot fi obținute de o pompă centrifugă monoetajată, la turația standard de funcționare, se situează în limitele 180...200 m.

Pompa centrifugă prezintă inconvenientul de a nu putea să se amorseze singură. Pentru eliminarea acestui dezavantaj pompa poate fi utilizată în combinație cu o pompă cu autoamorsare.

6.4.2.4. Evacuarea apei din corpul navei cu ajutorul aerului comprimat

Ranfluarea epavelor utilizând aerul comprimat este o operațiune mai complexă decât procedeul de evacuare a apei cu ajutorul pompelor. Aceasta deoarece paieții trebuie foarte bine executați, iar montarea lor trebuie să fie realizată cât mai corect, pentru a nu exista spații libere sau goluri. De asemenea, este necesar ca scafandrii să execute mai multe lucrări pregătitoare, inclusiv fixarea a numeroase ghile din interiorul compartimentelor inundate pentru consolidare. Datorită problemelor complexe pe care le ridică evacuarea apei cu ajutorul aerului comprimat pentru ranfluarea epavelor, această operațiune se efectuează numai în cazul în care epavele prezintă găuri de apă situate în special pe fundul acestora şi nu în borduri.

Toate panourile trebuie instalate de către scafandri din interiorul compartimentelor inundate, ceea ce presupune efectuarea unui timp îndelungat de lucru. De asemenea, toate uşile, tambuchiurile etc. trebuie închise etanş şi fixate. Toate găurile de apă trebuie astupate, cu excepția celor aflate pe fundul epavei, deoarece acestea nu pot fi abordate de către scafandri. Găurile de apă aflate în fundul epavei constituie orificiile prin care aerul iese atunci când îşi măreşte volumul, în timpul ridicării epavei către suprafață. Pentru alimentarea cu aer comprimat a altor compartimente adiacente, se pot utiliza conductele santinei precum şi cele de apă (uzată şi proaspătă) ale epavei. Pentru evacuarea apei cu ajutorul aerului comprimat, epava trebuie să aibă toate punțile şi bordurile etanşe pentru a putea menține bula de aer în interior.

Datorită faptului că, utilizând acest procedeu de ranfluare, punțile epavei preiau întreaga greutate a navei, este necesar să se cunoască sarcina care cestora. În acest scop, se poate utiliza următoarea formulă:

$$\text{Sarcina}\left[\text{kgf/cm}^2\right] = \frac{\text{Greutatea navei [kgf]}}{\text{Suprafata puntilor [cm}^2\text{]}}.$$

Presiunea exercitată asupra punților suferă unele modificări în timpul ridicării epavei deoarece: epava va începe să se ridice atunci când greutatea apei evacuate va fi egală, cel puțin, cu greutatea navei, iar presiunea exercitată asupra punților unei epave scufundate este egală cu presiunea aerului necesară pentru evacuarea apei din interior minus presiunea exercitată de coloana de apă asupra punților.

Pentru determinarea timpului *t* necesar ranfluării unei epave utilizând aer comprimat se poate folosi următoarea formulă de calcul:

$$t = \frac{V_a \cdot \left(1 + \frac{h}{10}\right)}{Q_c \cdot n},$$

unde V_a este volumul de apă ce trebuie evacuat, *h* adâncimea apei, Q_c debitul compresorului, iar *n* este numărul de compresoare.

În multe cazuri, se poate utiliza o combinație a celor două metode, apa pompată din interior cu ajutorul pompelor fiind înlocuită cu aer comprimat.

Metoda evacuării apei cu ajutorul aerului comprimat prezintă atât avantajul că se poate ranflua orice epavă fără să existe o limită de mărime sau de greutate a acesteia cât şi avantajul că operațiile de instalare a compresoarelor necesită un timp mai scurt. Dezavantajele metodei constau, în principal, în posibilitatea mai mare a apariției scăpărilor aerului, în dificultatea controlării epavei în timpul ridicării, în

necesitatea unei cantități mari de aer, precum şi în unele limitări privind lucrul scafandrilor în interiorul compartimentelor inundate datorită, în special, inaccesibilității.

Compresoarele utilizate pentru evacuarea apei cu ajutorul aerului comprimat trebuie să fie în număr corespunzător şi să aibă un debit de aer suficient de mare pentru a putea preveni şi eventualele scurgeri aflate în bordajul navei. Tipurile de compresoare care pot fi utilizate sunt numeroase şi variate. Se recomandă utilizarea unui compresor care poate furniza aer comprimat la un debit minim de 5 m^3_N/min şi la o presiune de 7 bar (sc.man.). Acestea pot fi compresoare cu piston sau cu şurub.

Compresoarele sunt aşezate pe barjă sau pe nava-suport. Tot pe acestea, în cazul când sunt disponibile şi există suficient spațiu, se recomandă şi amplasarea unor recipienți-tampon de mare capacitate pentru stocarea aerului comprimat.

Barja sau nava-suport pe care se află compresoarele, trebuie ancorată la distanță suficient de mare de zona epavei şi trebuie să dispună, în acelaşi timp, de suficientă manevrabilitate pentru evitarea unei eventuale coliziuni cu epava în timpul operației de ranfluare.

Momentul în care epava începe să se ridice spre suprafața apei se poate observa prin apariția bulelor de aer în imediata vecinătate a acesteia. Bulele de aer sunt produse de obicei de învingerea forței de adeziune a epavei la teren. O dată ce această forță a fost învinsă, iar epava începe să obțină flotabilitate pozitivă, aceasta se va ridica cu o viteză considerabilă spre suprafață. Din acest motiv, atunci când se evacuează apa cu ajutorul aerului comprimat, faza critică a operațiunii de ranfluare este din momentul în care epava învinge forța de adeziune la teren şi până în momentul în care atinge suprafața apei.

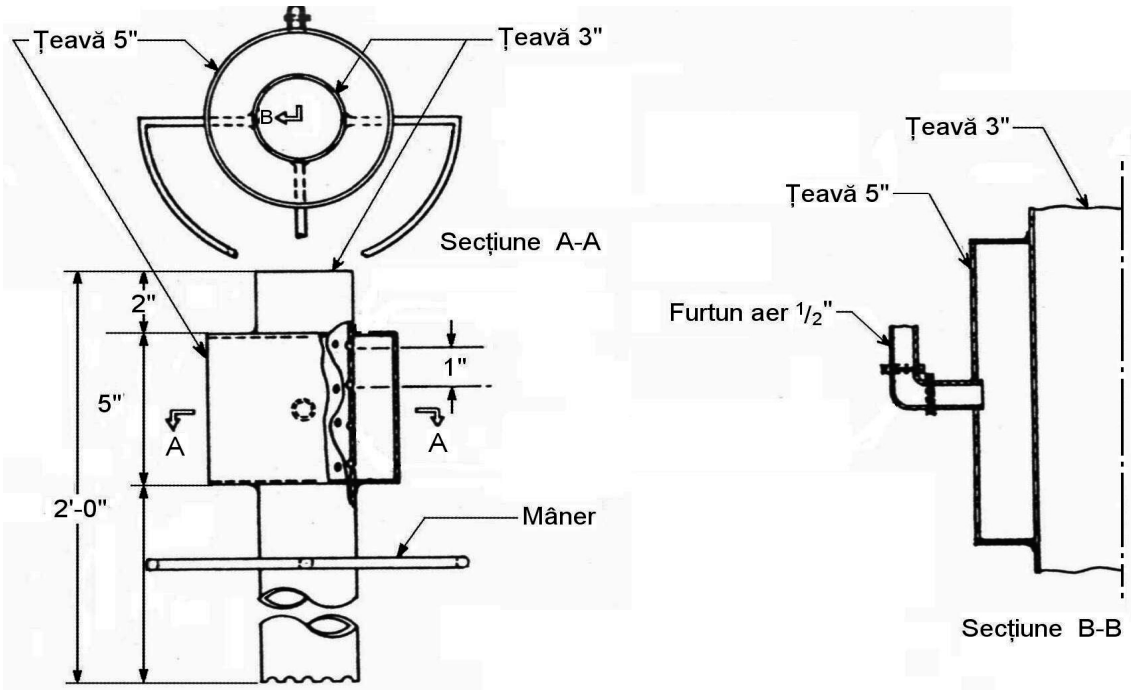


Fig. 6.29. Pompă air-lift (gaz-lift).

Un alt utilaj deosebit de util folosit în operațiunile de ranfluare, este pompa air--lift, numită şi pompă gaz-lift (draga absorbantă). Aceasta mai este denumită şi pompă

de nămol, şi este utilizată pentru îndepărtarea amestecului de apă, nămol, nisip şi sedimente din unele compartimente inundate, pentru spălarea depunerilor şi uşurarea epavei şi de pe marginile epavei pentru micşorarea forţei de adeziune la teren.

Pompa air-lift, sau draga absorbantă, funcţionează pe baza antrenării fazei lichide şi solide printr-o conductă datorită mişcării ascendente a bulelor sub acţiunea forţelor arhimedice. Aerul comprimat este introdus pe la partea inferioară a conductei. Bulele de aer, împreună cu apa din conductă formează un amestec binar care are o densitate mai mică decât lichidul din exterior. Aceasta conduce la realizarea unei mişcări ascensionale a amestecului aer-apă antrenând totodată şi nămolul, nisipul şi sedimentele, obţinându-se astfel o mişcare verticală polifazică. O pompă air-lift este alcătuită din două părţi principale (fig. 6.29): conducta de evacuare (refulare) a amestecului şi conducta de alimentare cu aer comprimat sau camera de aer. În tabelul 6.4 se arată debitul de amestec ce poate fi îndepărtat, în funcţie de diametrele conductei de refulare şi conductei de alimentare cu aer, precum şi de debitul aerului comprimat introdus.

Tabelul 6.4

Debitul de amestec evacuat de pompa aer-lift funcţie de diametrele conductelor de refulare şi de alimentare cu aer şi de debitul de aer introdus

Diametrul conductei de refulare [mm]	Diametrul conductei de aer [mm]	Debitul de aer introdus [ℓ/min]	Debitul de amestec [ℓ/min]
76	12,25	425...1133	1416...2124
100	21,25	566...1841	2549...4248
149	35,75	1416...5664	5947...12744
257	51	4248...11328	16992...25488

Utilizarea unei pompe air-lift presupune existenţa unor etape de lucru prezentate în continuare. Conducta de refulare se scufundă în amestecul care trebuie înlăturat la o adâncime de aproximativ 60...70% din lungimea sa. Se deschide admisia aerului, comprimat, după care operaţia de înlăturare a amestecului (noroiului) începe imediat.

6.4.3. METODE DE RANFLUARE MIXTE

Metodele de ranfluare mixte combină utilizarea forţelor exterioare cu cele interioare de flotabilitate. Ca forţe exterioare se pot utiliza şi forţele ascensionale create de baloane sau flotori de ranfluare de mare capacitate (fig. 6.30).

În cazul în care epava este răsturnată, ea poate fi redresată chiar pe amplasament prin introducerea de aer comprimat într-un singur bord şi prin rotirea ei în jurul unui prag de fund, suficient de rezistent, cu ajutorul unor cabluri de tracţiune.

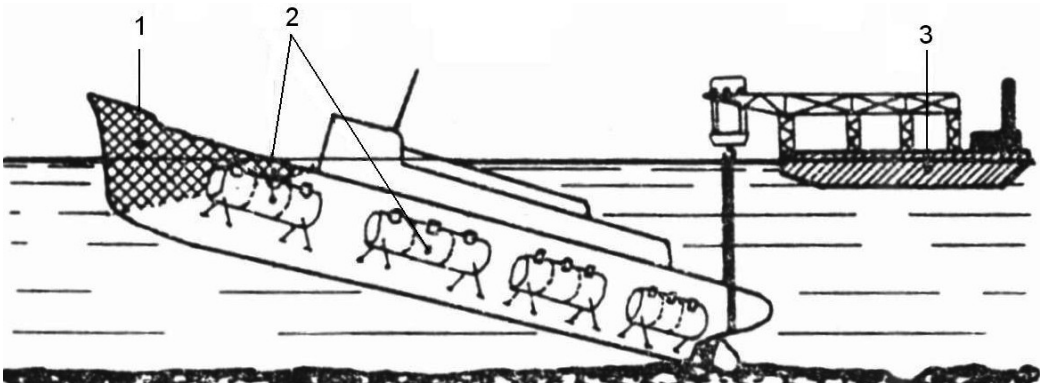


Fig. 6.30. Metodă de ranfluare mixtă:
1– compartiment cu aer comprimat; 2– flotori; 3– ponton cu pod-macara.

6.4.4. METODE DE RECUPERARE PRIN DISTRUGERE PARȚIALĂ A NAVEI ŞI RIDICAREA EI PE BUCĂȚI

Metodele de recuperare având la bază distrugerea epavei se utilizează numai după ce o analiză aprofundată a mijloacelor tehnice şi economice disponibile a arătat că ranfluarea epavei nu este posibilă. Epava este tăiată în tronsoane care sunt scoase la suprafață cu ajutorul instalațiilor de ridicare, a flotorilor sau a baloanelor de ranfluare. Tăierea în tronsoane a epavei este de obicei o operație costisitoare, dificilă şi care necesită un timp îndelungat de execuție. Această operație se poate efectua prin diferite metode, cum ar fi: tăiere oxi-gaz (oxiacetilenică, oxihidrică, oxi-propan etc.), tăiere oxielectrică (cu electrozi tubulari sau cu electrozi înveliți), tăiere cu ajutorul discurilor abrazive pentru debitat acționate de unelte pneumatice sau hidraulice, tăiere cu ajutorul încărcăturilor explozive protejate sau a celor de configurație specială (încărcături liniare) sau tăiere cu ajutorul unui lanț ce poate fi acționat fie de o macara cu un cârlig (fig. 6.31) sau cu două cârlige, fie de două macarale.

Tăierea corpului epavei prin utilizarea ultimelor trei variante prezintă avantajul că se poate realiza ulterior reasamblarea corpului navei la suprafață, într-un şantier naval, deoarece tăierea este mai precisă.

În ultimă instanță, epava poate fi distrusă prin explozii, îngropată prin răsturnare într-o tranşee dragată în apropierea ei, sau poate fi abandonată.

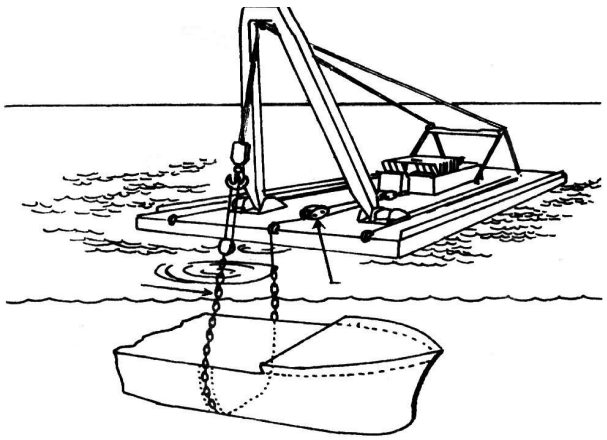


Fig. 6.31. Tăierea unei epave cu lanț, cu ajutorul unei macarale cu un cârlig.

7.

ALTE LUCRĂRI SUBACVATICE EFECTUATE CU SCAFANDRI

În afară de principalele lucrări subacvatice la care participă şi scafandrii, prezentate în capitolele anterioare, mai pot fi efectuate de către scafandri şi alte lucrări, prezentate în continuare. Aceste lucrări pot fi periodice sau de avarie.

Lucrările subacvatice periodice se execută la termenele condiționate de instrucțiunile privitoare la întreținerea corpului unei nave, precum şi de necesitatea efectuării reparațiilor la armături exterioare.

Lucrările subacvatice de avarie se execută în regim de urgență atunci când apar defecțiuni la diferite instalații submerse sau la corpul submers al navelor.

Pentru efectuarea, cu scafandri, a oricărei lucrări tehnice subacvatice, se impune ca necesară realizarea a patru faze: efectuarea unei inspecții a locului de lucru şi a stării instalației asupra căreia se va efectua lucrarea de întreținere sau de reparație, alegerea sculelor şi uneltelor, lucrul efectiv de reparație sau de întreținere a instalației şi efectuarea unei inspecții pentru a se asigura că întreaga activitate a fost îndeplinită. Pentru lucrări subacvatice de complexitate redusă, utilizându-se tehnologii de scufundare bine însuşite şi scafandri experimentați, toate fazele prezentate mai sus pot fi efectuate în cadrul unei singure scufundări. Pentru lucrări subacvatice de o mai mare complexitate, fazele de lucru pot necesita un număr mai mare de scufundări şi de scafandri.

7.1. LUCRĂRI SUBACVATICE PERIODICE

Dintre lucrările subacvatice periodice fac parte următoarele lucrări efectuate cu scafandri: controlul preventiv al operei vii a corpului unei nave, curățarea operei vii a corpului unei nave, controlul punerii navei pe cavaleți în timpul andocării, curățarea şi închiderea valvelor Kingston, scoaterea ancorelor şi lanțurilor de ancoră, căutarea unor obiecte pe fundul apei, înlocuirea anozilor de sacrificiu şi inspecția conductelor submerse.

7.1.1. CONTROLUL PREVENTIV AL OPEREI VII A UNEI NAVE

Controlul preventiv al operei vii a corpului unei nave se face la termenele stabilite prin instrucțiuni, precum şi înainte de ieşirea navei pe mare pentru navigație de lungă durată. Scafandrii cercetează opera vie a navei, cârmele, elicele şi valvule Kingston de aspirație şi refulare. Cercetarea operei vii a navei se poate executa cu 2...3 scafandri, în funcție de volumul lucrărilor (fig. 7.1), cu ajutorul unei parâme

numită curent de chilă, petrecută pe sub chila navei şi fixată de ambele borduri. Pentru aceasta, curentul de chilă se leagă în acea parte a navei care urmează să fie cercetată.

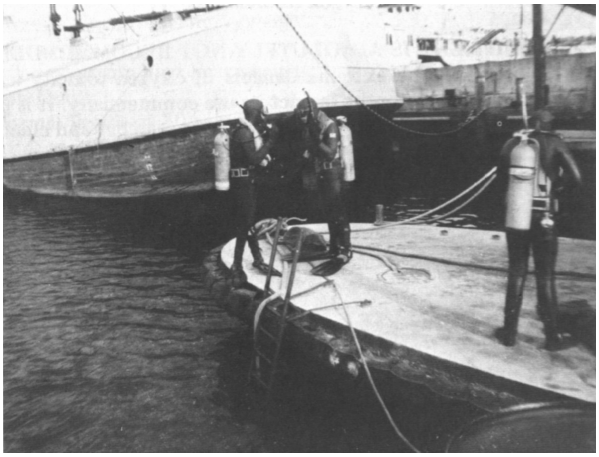


Fig. 7.1. Scafandrii pregătiți pentru efectuarea unei lucrări la carena unei nave.

Fig. 7.2. Brush-cart pentru curățarea operei vii a navei.

Când se foloseşte scara de chilă, ea se fixează pe sub chilă cu ajutorul unei parâme. În locul de fixare a curentului de chilă, la unul dintre borduri, se fixează o scară de pisică care se foloseşte pentru a transmite instrumentele şi mijloacele necesare pentru lucrul scafandrului. Pentru coborârea scafandrului se fixează o scară de scafandru.

După ce a coborât în apă, scafandrul trece pe curentul de chilă, deplasându-se în lungul acestuia şi examinează, în mod minuțios, bordul şi fundul navei. Când se examinează opera vie a unor nave mari, scafandrul se deplasează pe curentul de chilă numai până la chilă. Pentru a cerceta opera vie a navei în bordul opus, se coboară un al doilea scafandru, sau se execută simultan lucrări cu scafandri şi în bordul opus. Examinarea întregii opere vii a navelor mici se execută cu scafandri într-un singur bord. În acest caz, scafandrul de deplasează pe curentul de chilă de la un bord la altul. După ce scafandrul a trecut o dată, acesta se deplasează pe corpul navei, lateral față de pupa sau prova, în funcție de ordinea de desfăşurare a lucrărilor şi cercetează o nouă porțiune din opera vie a navei.

În timpul cercetării operei vii, scafandrul trebuie să observe gradul de dezvoltare a epibiozei pe corpul navei, porțiunile în care corpul navei prezintă basele sau fisuri, strâmbarea penei cârmelor şi palelor elicelor, dacă valvulele Kingston sunt înfundate etc. Dacă sunt descoperite defecțiuni, scafandrul trebuie să comunice la suprafață şi să cerceteze amănunțit porțiunea avariată, să determine caracterul acesteia şi să aprecieze posibilitățile de înlăturare a avariei.

7.1.2. CURĂȚAREA OPEREI VII A UNEI NAVE

Scafandrii execută curățarea operei vii a unei nave de epibioză lucrând fie manual, de pe scările de chilă, folosind raşchete sau perii din sârmă, fie mecanizat utilizând perii din sârmă acționate de o unealtă pneumatică sau hidraulică sau brush-

-cart (fig. 7.2) lucrarea fiind executată simultan de către mai mulţi scafandri. Pentru aceasta, opera vie a navei este împărţită în sectoare şi, în limitele fiecărui sector, se leagă scări de chilă sau chioşcuri, pe fiecare scară putând lucra unul sau doi scafandri.

Cu ajutorul acestor procedee, se desprinde stratul de calciu cochilifer sau de vegetaţie marină, apoi cu ajutorul periilor de sârmă se curăţă corpul navei de rămăşiţele vegetaţiei, de scoici sau de calciul solidificat. Curăţarea se începe de la linia de plutire a ambelor borduri şi se continuă până la chilă, apoi scara se deplasează în alt sector astfel încât să nu rămână porţiuni din suprafaţa corpului navei necurăţate. După terminarea lucrării de curăţare, scafandrii execută controlul întregii opere vii a corpului navei.

7.1.3. CONTROLUL PUNERII NAVEI PE CAVALEŢI ÎN TIMPUL ANDOCĂRII

Scafandrii execută controlul aşezării unei nave pe tacade şi pe cavaleţi în timpul andocării acesteia, în cazul când s-a observat că nava nu a fost aşezată corespunzător. Pentru aceasta, scafandrul coboară în apă dintr-un bord al navei andocate, pe curentul de chilă sau de pe o barcă. În timpul coborârii scafandrului, pomparea sau inundarea cu apă a docului se opreşte. Scafandrul trebuie să stabilească cauza pentru care nava nu a fost poziţionată corect pe tacade şi pe cavaleţi şi, în acest scop, examinează tacadele şi cavaleţii din bordul în care nava a fost canarisită, deplasându-se de la pupa sau de la prova. Se recomandă ca această operaţie să fie executată simultan de doi scafandri. În timpul examinării, scafandrul măsoară spaţiile dintre corpul navei şi tacade cu ajutorul unor pene din lemn, iar datele măsurătorilor le comunică la suprafaţă. În funcţie de datele măsurătorilor spaţiilor dintre corpul navei şi tacade, se precizează poziţia navei în doc.

7.1.4. CURĂŢAREA ŞI ASTUPAREA ÎN VEDEREA CURĂŢĂRII VALVULELOR KINGSTON

Lucrările de curăţare şi închidere a valvulelor Kingston se execută de către scafandri în cazul în care acestea s-au înfundat. Înfundarea valvulelor Kingston (în special a celor de aspiraţie) se datorează depunerilor de calciu cochilifer, pătrunderii gheţii în interiorul lor, sau infiltrării particulelor de nisip, vegetaţiei marine etc.

În perioada în care scafandrul lucrează la o valvulă Kingston de aspiraţie, aceasta trebuie să fie închisă, iar pompele să fie oprite. Pentru coborârea în imersiune a unui scafandru, în dreptul unei valvule Kingston înfundate, se leagă în prealabil un chioşc, iar scafandrului i se dau repere cu ajutorul cărora să poată găsi valvula. Scafandrul execută curăţarea grătarului valvulei Kingston din exterior cu ajutorul raşchetei şi a unei perii de sârmă acţionată pneumatic sau hidraulic. Dacă înfundarea s-a produs în interiorul valvulei Kingston, trebuie ca, după o curăţare prealabilă a grătarului de la exterior, să se cureţe capetele şuruburilor care fixează grătarul, apoi cu ajutorul unei şurubelniţe şi a unei chei manuale, trebuie să se deşurubeze şuruburile şi să se scoată grătarul valvulei Kingston. După aceasta, cu ajutorul unei perii de sârmă sau a unei raşchete metalice, se curăţă valvula Kingston, iar ventilul şi scaunul

acesteia se şterg cu cârpe şi apoi se controlează cu atenţie. Dacă prin acest procedeu valvula Kingston nu va putea fi curăţată, trebuie aplicată o flanşă oarbă, pentru a se asigura posibilitatea curăţării valvulei din interior, prin demontare.

Valvulele Kingston se astupă cu ajutorul unor dopuri din lemn, cu paieţi sau cu panouri, în raport cu construcţia şi dimensiunile lor. Dopurile se confecţionează conform dimensiunilor valvulei Kingston din material lemnos uscat şi moale în aşa fel încât dopul să poată fi introdus în orificiul valvulei Kingston pe o porţiune de 2/3 din lungimea sa. Înainte de a fi introdus în apă, dopului i se aplică un balast, pentru a i se anula flotabilitatea pozitivă. După ce a scos grătarul valvulei Kingston, scafandrul curăţă în mod minuţios suprafaţa interioară a valvulei Kingston cu ajutorul unei perii de sârmă şi introduce apoi dopul din lemn. După aceasta, prin lovituri de ciocan, fixează dopul în orificiu. Dacă, dopul va mai permite scăpări de apă într-o cantitate care face imposibilă curăţarea, scafandrul trebuie să oprească pătrunderea apei folosind o garnitură de cârpe impregnată cu smoală pe care o aplică în spaţiile dintre marginile valvulei Kingston şi dop, ungând apoi cu un strat dens de miniu de plumb porţiunea respectivă. La astuparea unei valvule Kingston cu un paiet, scafandrul trebuie să cureţe bine suprafaţa bordajului corpului în jurul valvulei în aşa fel încât să asigure o aplicare etanşă a paietului pe bordaj. După aceasta, scafandrul apropie paietul din lemn sau din metal de valvula Kingston, introduce capetele şuruburilor cu cârlig în orificiul grătarului valvulei, verifică fixarea şuruburilor de marginile lui şi, cu ajutorul piuliţelor, strânge panoul de bordajul navei. După curăţarea sau repararea valvulei Kingston, scafandrul scoate paietul, slăbind pentru aceasta piuliţele. Dopurile din lemn se scot din orificiile valvulelor Kingston, bătându-le cu ciocanul.

7.1.5. SCOATEREA ANCORELOR ŞI LANŢURILOR DE ANCORĂ

În locurile de staţionare la ancoră a navelor, ancorele şi lanţurile de ancoră se pot agăţa de parâme, cabluri electrice, lanţuri de ancoră vechi şi de alte obstacole aflate pe fund. În cazul în care ancora agăţată nu poate fi virată, ea trebuie desfăcută şi eliberată de către scafandri.

Pentru desfacerea unei ancore şi a unui lanţ de ancoră, se fundariseşte o a doua ancoră, iar nava se poziţionează astfel încât lanţul de ancoră al ancorei încurcate să poată fi virat la pic. După aceasta, de pe barcă se filează o parâmă de coborâre în apropierea ancorei, iar scafandrul, coborându-se pe fund, se apropie de ancoră. Aflat pe fund, lângă lanţul de ancoră, scafandrul trebuie să urmărească ca saula de semnalizare sau furtunul ombilical să se afle în afara lanţului de ancoră şi, de asemenea, să nu cadă sub acesta. Apropiindu-se de ancoră, scafandrul determină modul în care s-a agăţat ancora şi lanţul de ancoră, poziţia ancorei pe fund şi ce este necesar să se întreprindă pentru a elibera şi a descurca ancora sau lanţul de ancoră. Dacă ancora s-a agăţat de un lanţ de ancoră aflat pe fund, de o parâmă sau de un cablu numai cu o gheară, scafandrul primeşte de la suprafaţă o parâmă subţire şi o petrece pe sub lanţul, parâma sau cablul unde au fost agăţate, iar capătul parâmei îl transmite la suprafaţă (fig. 7.3). Pe navă, un capăt al parâmei este fixat de babale pe punte, iar celălalt capăt începe să fie virat cu ajutorul cabestanului. În acest caz, ancora poate fi puţin filată. Imediat ce gheara ancorei s-a eliberat de lanţ, parâmă sau cablu, cabestanul se opreşte. Scafandrul înlătură lanţul sau parâma înfăşurată pe gheara ancorei, transmite la suprafaţă comanda de a se vira ancora şi aşteaptă până ce ancora

virată va fi deasupra lanțului de ancoră suspendat. După aceasta, scafandrul se ridică la suprafață, se virează ancora până la postul ei şi se scoate parâma cu care a fost suspendat lanțul, parâma sau cablul.

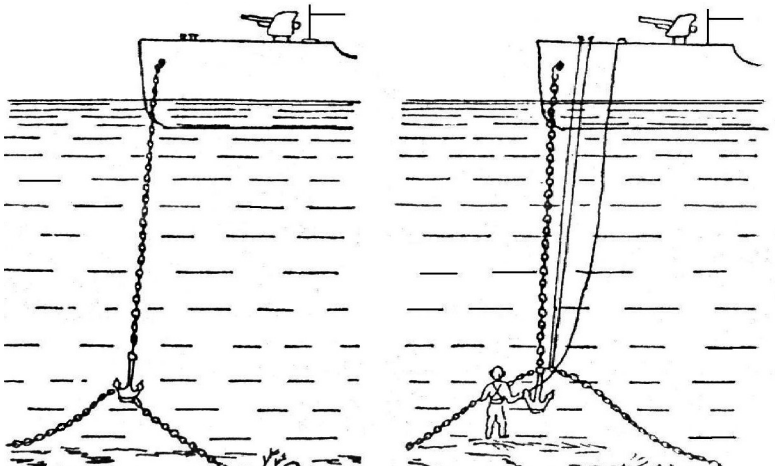


Fig. 7.3. Eliberarea de către scafandru a unei ancore agățată cu o singură gheară de un lanț de ancoră.

În cazul în care ancora a fost agățată cu ambele gheare, sub lanțul de ancoră sau sub parâma agățată se leagă două parâme (fig. 7.4). Una dintre ele se leagă într-o parte, iar cealaltă în cealaltă parte a ancorei. Distanța dintre parâme trebuie să fie suficientă pentru ca ghearele ancorei să se poată desprinde cu uşurință.

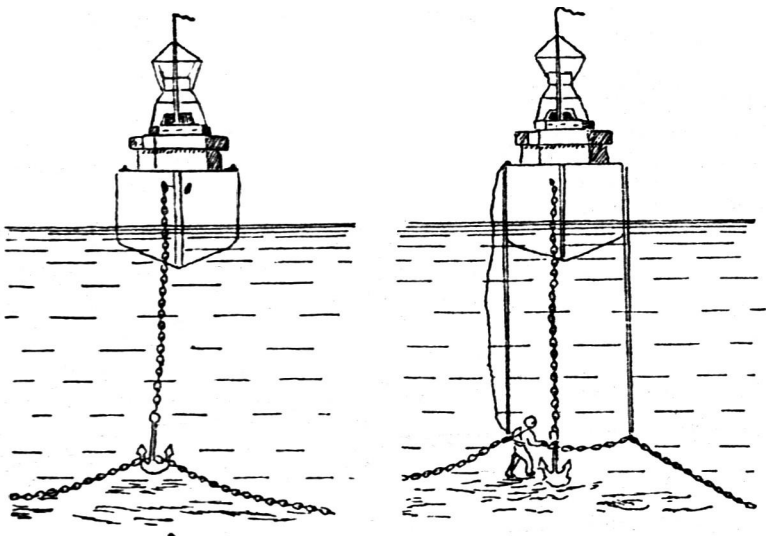


Fig. 7.4. Eliberarea de către scafandru a unei ancore agățată cu ambele gheare de un lanț de ancoră.

În cazul în care lanțul de ancoră s-a agățat de alte obiecte sau de ancora altor nave, trebuie să se vireze lanțul de ancoră la pic şi să se coboare un scafandru către ancora agățată. Scafandrul leagă lanțul de ancoră cu ajutorul unei parâme transmisă de la suprafață, cu 2...3 m mai jos de locul agățării. Se virează de pe navă parâma şi se

fixează lanţul de ancoră. Imediat ce lanţul de ancoră a fost slăbit, fixarea acesteia şi virarea parâmei se opreşte, iar scafandrul eliberează lanţul de ancoră.

Lanţul de ancoră eliberat se virează pe navă sub controlul scafandrului până când se desprinde de locul unde s-a agăţat.

7.1.6. CĂUTAREA UNOR OBIECTE PE FUNDUL APEI

În aproape toate activităţile subacvatice cu scafandri, efectuate prin scufundare autonomă sau cu alimentare de la suprafaţă, este necesar să se găsească şi să se localizeze un anumit obiect sub apă, cum ar fi: conductă, epavă, elice etc. De multe ori căutarea acestor obiecte sub apă necesită mai multă planificare, timp şi muncă decât aducerea lor la suprafaţă după ce au fost localizate.

Factorii de care depinde alegerea celei mai potrivite metode de căutare sub apă a unui anumit obiect sunt: vizibilitatea, natura fundului apei, prezenţa curenţilor, mărimea şi forma zonei în care se efectuează căutarea, precizia informaţiilor asupra locului în care se află obiectul de căutat, adâncimea apei, echipamentul, ambarcaţiunea şi personalul utilizat, condiţiile hidro-meteo şi mărimea obiectului căutat.

Obiectele căutate şi găsite de către scafandri acolo unde adâncimea apei nu depăşeşte 20 m, pot fi ridicate la suprafaţă cu ajutorul baloanelor de ranfluare. În locul unde a fost găsit obiectul, trebuie să se pună o baliză. Echipamentul minim necesar, comun tuturor metodelor de căutare, este alcătuit, în principal, dintr-un lest de 10...50 kg, din parâme de diferite lungimi, lanterne subacvatice, balize pentru balizare şi busole subacvatice.

Cele mai utilizate metode de căutarea a unor obiecte pe fundul apei sunt: metoda circulară, metoda caroiajului între parâme-ghid, metoda dragării între parâme--ghid şi alte metode speciale.

7.1.6.1. Metoda circulară de căutare

Metoda circulară de căutare (fig. 7.5) se utilizează atunci când zona de căutare este localizată cu precizie. Metoda nu poate fi folosită decât în absenţa curentului, sau în prezenţa unui curent foarte slab. Pe funduri netede, eficacitatea este maximă.

La lestul parâmei de coborâre se fixează o saulă de mişcare pe care se fac noduri la intervale de 1...1,5 m. Lungimea totală a saulei este de 15...20 m, în funcţie de condiţiile existente: vizibilitate, relieful fundului etc.

Lestul parâmei de coborâre, împreună cu saula de mişcare fixată de ea, se lansează de pe navă şi se coboară până la fund.

După ce au coborât pe parâma de coborâre până la lest, scafandrii caută saula de mişcare şi, apucând-o cu mâna, se îndepărtează de lest până la primul nod. În cazul în care vizibilitatea este bună, scafandrii se distanţează de lest până la al doilea sau al treilea nod, deplasându-se încet şi menţinând în tot acest timp saula întinsă. După ce au parcurs un cerc şi au examinat fundul în limitele vizibilităţii, scafandrii se deplasează până la nodul următor făcând mişcarea în acelaşi sens, parcurgând un alt cerc. În cazul în vizibilitatea în apă este foarte scăzută, căutarea se execută prin acelaşi procedeu, pipăind totul în jur.

Variante ale metodei circulare de căutare a unui obiect pe fundul apei sunt prezentate în continuare.

a. ***Metoda de căutare semicirculară*** (fig. 7.6). Această metodă se aplică atunci când punctul central al arcurilor de cerc descrise se întâlnesc cu limita unui obstacol cum ar fi un mal abrupt, un cheu, un dig etc. Şi această metodă se utilizează numai în absența curentului sau în cazul unui curent foarte slab.

Punctul central pe care este fixată parâma poate fi situat şi la suprafața apei. Metoda se deosebeşte de metoda precedentă prin schimbarea sensului de semi-rotație al scafandrilor la fiecare contact cu limita respectivă.

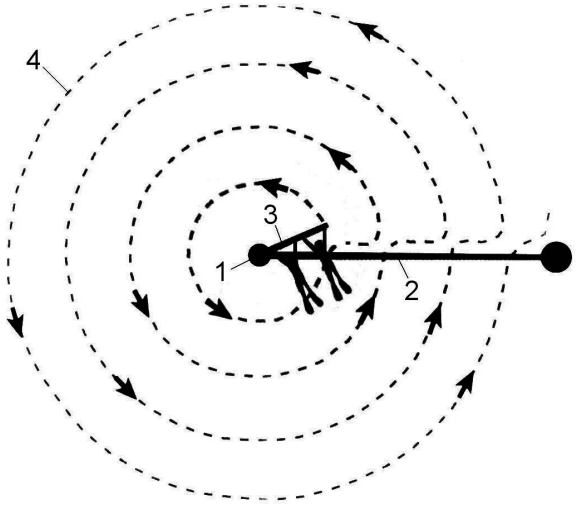


Fig. 7.5. Metoda circulară de căutare: 1– lest; 2– parâmă de coborâre; 3– saulă de mişcare; 4– traiectorie.

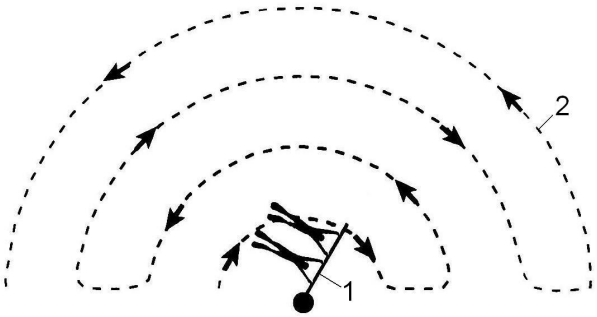


Fig. 7.6. Metoda de căutare semicirculară: 1– saulă de mişcare; 2– traiectorie

b. ***Metoda de căutare în con, cu parâmă lestată*** (fig. 7.7). Această metodă se utilizează în prezența unui curent puternic, cu condiția ca lestul parâmei să nu derapeze. De această dată, lestul nu mai este situat în centrul zonei de căutare ci în vârful acesteia. Unghiul de deschidere, porneşte de la vârf, coboară în aval de curent la fiecare trecere şi este de aproximativ 90^0. După fiecare arc de cerc, scafandrii filează o lungime de saulă pentru a se îndepărta de lest şi a asigura, în acelaşi timp, o nouă zonă de cercetare. Metoda poate fi utilizată şi cu o ambarcațiune care este ancorată, având prova în curent (fig. 7.8). În acest caz, saula pentru efectuarea căutării este legată de pupa ambarcațiunii, scafandrii efectuând căutarea în mod asemănător. Această metodă permite efectuarea căutării în condiții mai dificile.

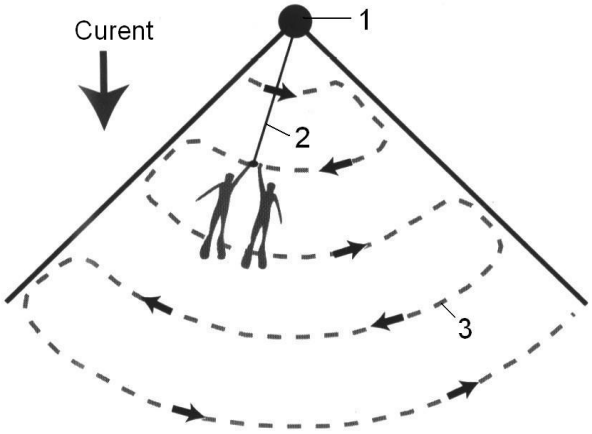


Fig. 7.7. Metoda de căutare în con, cu parâmă lestată: 1– lest; 2– saulă; 3– traiectorie.

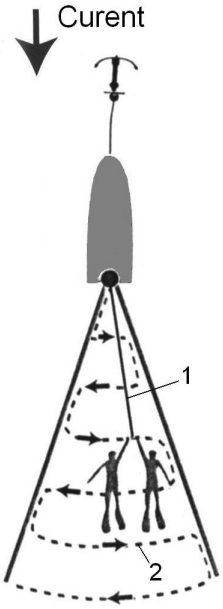


Fig. 7.8. Metoda de căutare în con, cu ambarcaţiune: 1– saulă; 2– traiectorie.

7.1.6.2. Metoda de căutare a caroiajului între parâme-ghid

Metoda de căutare a caroiajului între parâme-ghid constă într-o abordare complet diferită a căutării, deoarece progresia se realizează în manieră rectilinie, urmând parâme instalate în prealabil şi fixate cu lest pe fund. Pot fi două variante ale acestei metode, prezentate în continuare.

a. ***Metoda de căutare a caroiajului între parâme-ghid, paralel cu curentul apei*** (fig. 7.9). Metoda constă în instalarea a două parâme perpendiculare pe curent, determinând astfel limitele amonte şi aval ale zonei de căutare. Scafandrii efectuează căutarea de-a lungul unei saule, de la o parâmă-ghid la alta, paralel cu curentul. Trecerile se fac alternativ, având curentul o dată în faţă şi o dată în spate, distanţând saula pe parâma-ghid, pe distanţa dorită. Această metodă este utilizată în mod frecvent pentru căutarea unor obiecte sub apă de pe un mal abrupt sau cheu, deplasarea scafandrilor făcându-se paralel cu acestea.

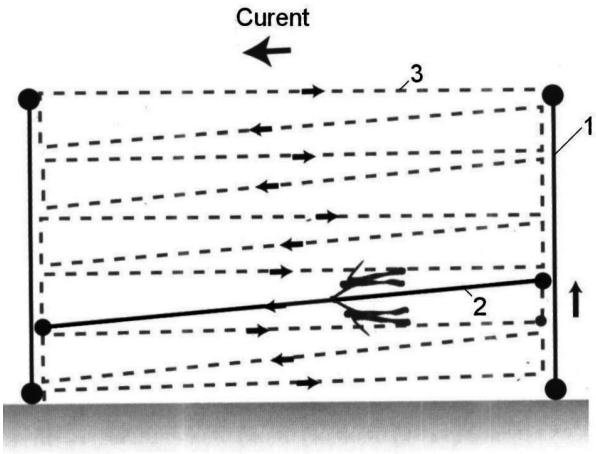


Fig. 7.9. Metoda de căutare a caroiajului

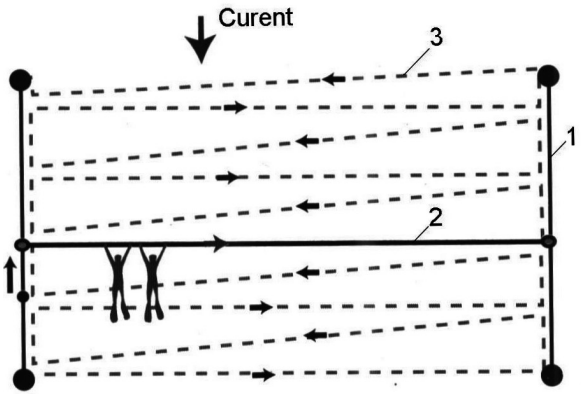


Fig. 7.10. Metoda de căutare a caroiajului

între parâme-ghid, paralel cu curentul apei: 1– parâme-ghid; 2– saulă; 3– traiectorie.

între parâme-ghid, perpendicular pe curentul apei: 1– parâme-ghid; 2– saulă; 3– traiectorie.

b. ***Metoda de căutare a caroiajului între parâme-ghid, perpendicular pe curentul apei*** (fig. 7.10). La această metodă, cele două parâme principale sunt instalate paralel cu curentul, delimitând zona de cercetare. Scafandrii înaintează menținându-se în fața curentului şi urmând saula dintre cele două parâme, perpendicular pe curent.

7.1.6.3. Metoda de căutare prin dragare între parâme-ghid

Metoda dragării între parâme-ghid (fig. 7.11) se execută cu mai mulți scafandri.

La această metodă, două parâme paralele şi de aceeaşi lungime, delimitează zona de căutare. Cu ajutorul unor gaşe sau inele, o saulă sau o prăjină din lemn trebuie să poată culisa pe toată lungimea celor două parâme. Un număr suficient de scafandri este repartizat pe întreaga lungime a saulei sau prăjinii din lemn. Distanța dintre cele două parâme se determină în funcție de vizibilitatea apei şi de numărul de scafandri, cu formula $D = V\,(N+1)$, unde D este distanța dintre parâme [m], V vizibilitatea apei [m], iar N numărul de scafandri.

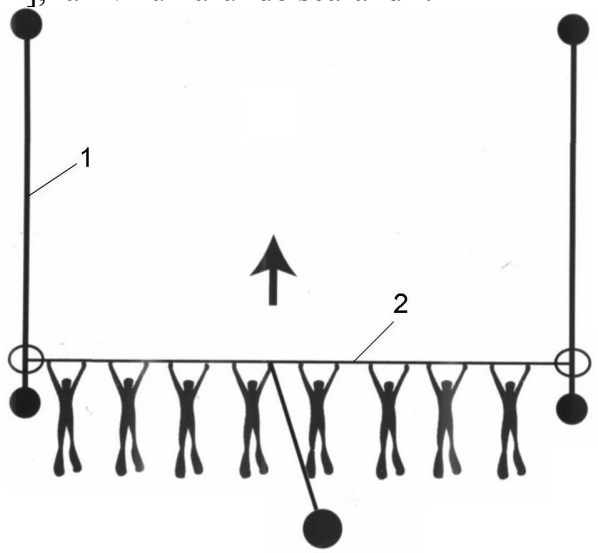


Fig. 7.11. Metoda de căutare prin dragare între două parâme-ghid: 1– parâme-ghid; 2– saulă sau prăjină din lemn.

7.1.6.4. Metode speciale de căutare

Metodele speciale de căutare a unor obiecte, se execută tot prin caroiaj, însă au o modalitate diferită de execuție. Dintre acestea se prezintă în continuare două metode.

a. ***Metoda de căutare a caroiajului cu asistență de la suprafață, fără parâme--ghid*** (fig. 7.12). Prin această metodă, un asistent de la suprafață se deplasează de-a lungul marginii țărmului sau al unui cheu menținând o parâmă întinsă şi ghidând astfel scafandrii sub apă. Prin deplasarea parâmei, întinsă perpendicular pe marginea cheului, precum şi prin schimbările de direcție, scafandrii ştiu când să efectueze o întoarcere, deplasându-se pe o distanță corespunzătoare. Această metodă prezintă avantajul că poate fi efectuată rapid. În prezența unui curent, cercetarea pe fundul apei

se face numai prin deplasare în amonte, întoarcerea la linia fictivă de plecare făcându-se prin înot la suprafață, ajutat de curent.

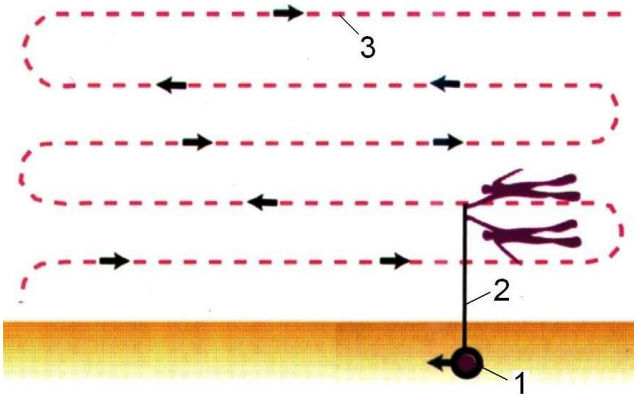


Fig. 7.12. Metoda de căutare a caroiajului cu asistență de la suprafață, fără parâme-ghid: 1– asistent de suprafață; 2– parâmă; 3– traiectorie

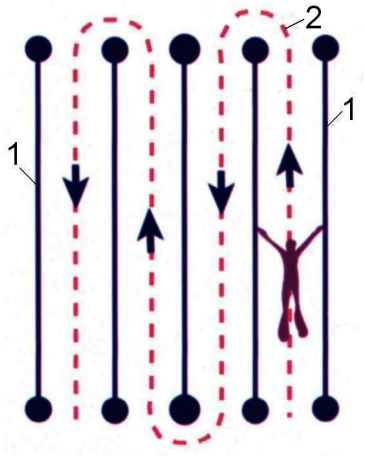


Fig. 7.13. Metoda de căutare a caroiajului pe culoare cu mai multe parâme-ghid: 1– parâme-ghid; 2– traiectorie.

b. ***Metoda de căutare a caroiajului pe culoare, cu mai multe parâme-ghid*** (fig. 7.13). Această metodă necesită mai multă muncă de pregătire pentru instalarea numeroaselor parâme ce vor fi urmate pe culoare. Metoda prezintă însă avantajul utilizării unui personal redus.

c. ***Metoda de căutare cu ajutorul saniei submarine sau submersibilului umed (acvaplan).*** Sania submarină (fig. 7.14) este un vehicul subacvatic uşor, controlat de către scafandru. Are o greutate de aproximativ 15 kgf pe uscat, iar în apă de numai 1 kgf. Cadrul este metalic, construit din oțel inoxidabil, iar corpul este transparent confecționat din Lexan. Sania submarină poate fi remorcată cu o ambarcațiune-suport. Scafandrii utilizează aparate de respirat sub apă autonome, prevăzute cu sistem de comunicare fără fir, cu ultrasunete .

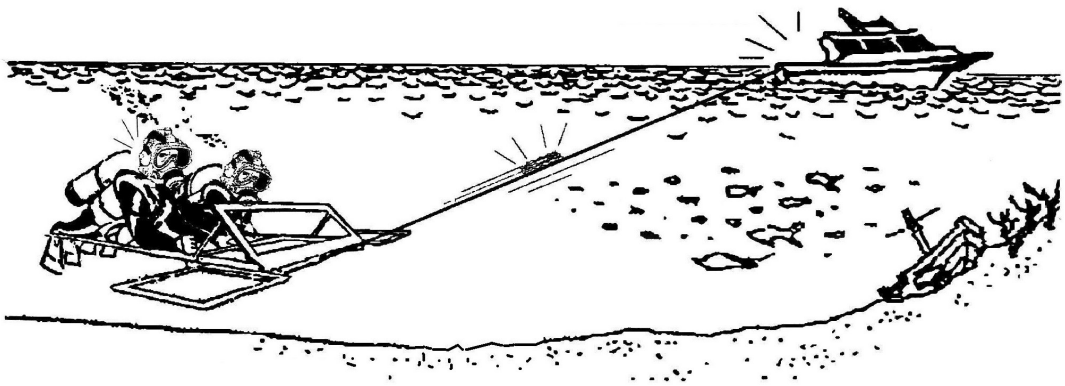


Fig. 7.14. Metoda de căutare sub apă cu sania submarină tractată.

Acvaplanul sau submarinul umed (fig. 7.15) poate fi remorcat, de asemenea, de o ambarcațiune-suport cu viteză maximă de 6 Nd şi la o adâncime maximă de 30 m.

Acvaplanul cântăreşte pe uscat aproximativ 75 kgf şi are o flotabilitate pozitivă de 5 kgf, ceea ce înseamnă că pluteşte atunci când nu este încărcat. Lungimea parâmei de remorcare trebuie să fie de trei ori mai mare decât adâncimea apei. Unele modele pot fi prevăzute cu sistem propriu de deplasare.

Cu ajutorul saniei submarine şi a submarinului umed se pot efectua observaţii şi căutări sub apă pe distanţe mari, unul dintre scafandri putând utiliza şi un aparat de fotografiat, o cameră de filmat sau o cameră de televiziune subacvatice.

Fig. 7.15. Acvaplan utilizat pentru căutarea sub apă cu scafandri.

7.1.7. ÎNLOCUIREA ANOZILOR DE SACRIFICIU

Controlul coroziunii diferitelor structuri marine şi conducte submerse cu ajutorul sistemului de protecţie catodică, constituie o activitate specializată care este efectuată cu ajutorul scafandrilor. Majoritatea conductelor submerse de fabricaţie recentă, sunt prevăzute cu manşoane din zinc aplicate direct pe conductă la anumite distanţe şi care pot asigura o protecţie catodică de până la 40 ani (fig. 7.16).

Fig. 7.16. Anod pentru protecţia catodică a unei conducte.

Fig. 7.17. Electrod de referinţă.

Conductele submerse de fabricaţie mai veche, sunt protejate de straturi de anozi aşezate la o oarecare distanţă de conductă, conectate între ele şi de conductă cu cabluri de cupru izolate. Scafandrul trebuie să controleze aceste straturi de anozi, iar dacă este necesar, trebuie să înlocuiască anozii, în mod periodic.

Plasarea sau înlocuirea anozilor la platformele marine necesită o activitate mai intensă de scufundare. Mai întâi, scafandrul trebuie să efectueze unele operaţiuni premergătoare stabilirii unui sistem de protecţie anticoroziv corespunzător. Acestea

constau în luarea unor probe de temperatură de la diferite adâncimi ale platformei, cât şi de apă pentru determinarea salinității, alcalinității, şi a altor caracteristici chimice. De asemenea, scafandrul trebuie să poziționeze sau să fixeze capătul unei sonde, numită electrod de referință (fig. 7.17) al unor instrumente, în diferite părți ale unei platforme, pentru măsurarea unor parametri cum ar fi: curentul electric, rezistența apei de mare şi grosimea oțelului. Înaintea efectuării acestor operațiuni, scafandrul foloseşte unelte de mână ca răzuitorul sau peria de sârmă pentru înlăturarea vegetației marine. După ce sistemul de protecție catodică a fost stabilit, urmează instalarea anozilor de sacrificiu. Numărul acestora depinde de mărimea platformei şi de proprietățile corozive şi electrice ale apei şi pot fi de 2 până la 50 sau 60 de anozi la o platformă. Greutatea anozilor poate fi de la câteva kilograme–forță până la mai multe tone–forță, depinzând de aceleaşi considerente dar, în general, pot avea aproximativ 50...250 kgf. Anozii sunt fabricați din zinc, magneziu sau aluminiu, având forma unor bare cilindrice sau paralelipipedice, şi se fixează de structura platformei (de zăbrelele tubulare) în locuri bine stabilite, cu ajutorul unor manşoane de strângere (fig. 7.18). Este necesar ca locul de fixare al manşonului anodului să fie în prealabil curățat de vegetație marină. După ce şuruburile manşonului au fost bine strânse cu o cheie, conectările electrice între anod şi platformă trebuie sudate între manşon şi zăbreaua tubulară a platformei. Lungimea cusăturii acestei suduri este de aproximativ 10 cm pentru fiecare manşon.

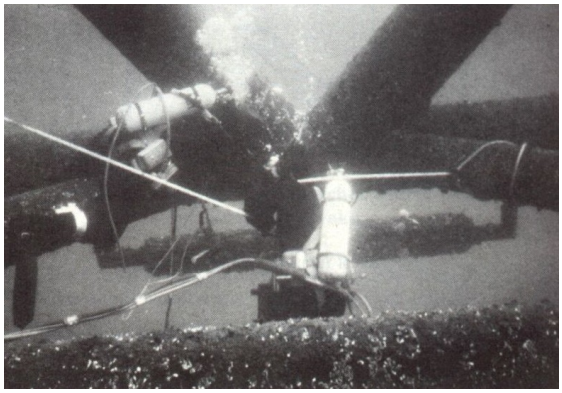


Fig. 7.18. Inspectarea unui anod.

Fig. 7.19. Inspectarea unei conducte submerse.

7.1.8. INSPECTAREA CONDUCTELOR SUBMERSE

În mod periodic, scafandrii execută diverse inspecții la instalațiile submerse. Pentru efectuarea în bune condiții a unei inspecții, scafandrul are nevoie de unele accesorii cum ar fi: busolă pentru orientare sub apă şi riglă sau lungime de saulă pentru măsurători. De asemenea, se recomandă înregistrarea convorbirilor scafandrului cu suprafața pentru o mai bună descriere a inspecției efectuate.

Una dintre activitățile de inspectare pe care le execută scafandrii este inspecția efectuată la conductele submerse. Aceasta se efectuează de pe o navă-suport, neancorată, în funcțiune, cu un scafandru echipat cu aparat de respirat sub apă autonom sau cu alimentare de la suprafață (fig. 7.19).

În cazul în care inspecţia conductei este efectuată cu un scafandru alimentat cu aer de la suprafaţă printr-un furtun ombilical, punctul scafandrului trebuie fixat la prova împreună cu întregul echipament şi nu la pupa unde există pericolul încurcării furtunului ombilical în elicea ambarcaţiunii. La pupa poate fi montat numai compresorul. Nu se recomandă efectuarea unei inspecţii de pe o ambarcaţiune pe timpul nopţii, în condiţii de vizibilitate redusă, sau atunci când condiţiile de la suprafaţa apei (valuri cu spumă) obstrucţionează bulele de aer ale scafandrului. În timpul unei scufundări cu scop de inspecţie, scafandrul trebuie să fie echipat cu o butelie de securitate şi o vestă de salvare. Pe cât posibil, scufundarea trebuie planificată în aşa fel încât să nu necesite decompresie. Aceasta deoarece este foarte dificil ca scafandrul să fie situat la adâncimea corespunzătoare pentru o decompresie corectă, de pe o ambarcaţiune în mişcare sau neancorată. Dacă totuşi revenirea la suprafaţă impune efectuarea de paliere de decompresie, înainte de scufundare, trebuie prevăzută o saulă de ghidare lestată cu aproximativ 50 kg de lest. De asemenea, trebuie prevăzută o scară de scafandru situată cu 1,5...2 m sub apă. În timpul scufundării, călăuzierul trebuie să nu fileze prea mult furtun ombilical, iar dacă scufundarea are loc în curent sau la adâncime mare, cu cât ambarcaţiunea este situată mai aproape de scafandru, cu atât furtunul ombilical va fi filat mai puţin. De asemenea, ambarcaţiunea trebuie poziţionată în permanenţă în curent faţă de scafandru, pentru a evita formarea unei volte prea mari în furtunul ombilical şi prinderea acestuia în elicea ambarcaţiunii. Se recomandă ca scafandrul să execute coborârea în apă de pe coloana montantă, pe un pilon al platformei marine sau pe o saulă de ghidare. O dată ajuns la conducta care trebuie inspectată, scafandrul se poate orienta după îmbinările sudate ale conductei, acestea fiind amplasate la aproximativ 12 m distanţă una faţă de cealaltă. Pentru efectuarea inspecţiei, scafandrul se deplasează de-a lungul conductei. Dacă condiţiile sunt favorabile, deplasarea poate fi efectuată înotând cu ajutorul labelor de înot şi împingându-se de conductă. În timpul inspecţiei, scafandrul controlează starea îmbinărilor sudate şi urmăreşte dacă conducta prezintă urme de deteriorare a stratului de protecţie anticorozivă, urme de lovire, îndoire, crăpături, fisuri etc., comunicând la suprafaţă întreaga desfăşurare a inspecţiei. În unele cazuri, în timpul inspecţiei, scafandrul trebuie să utilizeze şi un aparat de fotografiat sau o cameră TV pentru a transmite imagini ale conductei sau ale structurii submerse direct la suprafaţă. Camera TV poate fi purtată de scafandru sau montată la o cască rigidă ca în figura 7.20. Dacă în timpul inspectării conductei sunt descoperite defecte de orice natură, acestea trebuie marcate de către scafandru printr-o baliză. De asemenea, atunci când un scafandru a epuizat durata scufundării sale, locul unde acesta a ajuns cu inspecţia trebuie marcat cu o baliză. Pentru aceasta, saula cu care este legată baliza se trimite scafandrului pe furtunul său ombilical sau pe o saulă-ghid (pentru scafandrul autonom), cu ajutorul unei chei de împreunare.

Scafandrul trebuie, de asemenea, să inspecteze punctul de intersecţie a două conducte submerse. Atunci când două conducte se intersectează, distanţa dintre ele la punctul de intersecţie trebuie să aibă anumite dimensiuni. Pentru conductele de diametru mare, această distanţă este de 0,6…0,9 m fiind menţinută de saci cu nisip şi ciment (sau chiar anvelope uzate) plasate între conducte, iar pentru conducte de diametru mai mic, distanţa este de numai câţiva centimetri, având plasate între conducte manşoane de cauciuc îndoite pe conductă la punctul de intersecţie.

În cazul în care scafandrul utilizează un aparat de respirat sub apă autonom, inspecția unei conducte submerse se poate efectua şi cu ajutorul scuterului subacvatic (fig. 7.21). Acesta este un vehicul subacvatic autopropulsat care serveşte la remorcarea scafandrului, în special pentru inspectarea unei lungimi mari de conductă submarină sau în zone cu curenți. Scuterul subacvatic poate fi prevăzut, cu lumini, busolă şi profundimetru.

O altă activitate de inspecție, o constituie inspectarea unei coloane montante (riser) a unei platforme marine. În timpul acestei inspecții, scafandrul trebuie să controleze dacă riser-ul prezintă defecțiuni ale stratului de protecție anticorozivă, dacă manşoanele de fixare (clamele) sunt instalate la distanța corespunzătoare şi dacă toate buloanele şi piulițele acestora sunt bine strânse.

Scafandrul începe inspectarea riser-ului de la fundul apei, controlând fiecare clamă. La fiecare clamă, trebuie determinată adâncimea la care se află aceasta şi trebuie controlat dacă este fixată perpendicular şi dacă atinge în mod uniform riser-ul. De asemenea, scafandrul trebuie să verifice dacă garnitura de cauciuc a clamei este în bună stare. În timpul acestei inspecții se recomandă ca scafandrul să poarte cu el o cheie reglabilă pentru a strânge eventualele buloane şi piulițe slăbite ale clamei riser-ului. Datorită faptului că inspecția efectuată de către scafandru la riser se desfăşoară în mod ascendent, de la fundul apei, scafandrul petrecând un anumit interval de timp lucrând la fiecare clamă, se impune luarea în considerație a acestor timpi pentru determinarea corectă a profilului scufundării, respectiv a palierelor de decompresie.

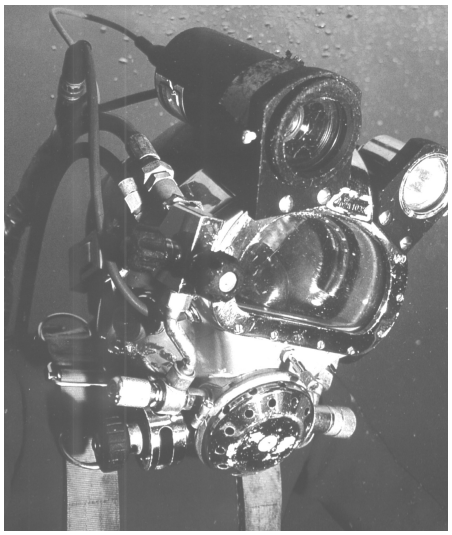


Fig. 7.20. Cameră TV montată pe casca unui scafandru.

Fig. 7.21. Scuter subacvatic pentru inspecții la conducte submarine.

7.2. LUCRĂRI SUBACVATICE DE AVARIE

Lucrările subacvatice de avarie se execută cu scafandri, în regim de urgență, atunci când apar defecțiuni la diferite instalații subacvatice sau la corpul submers al navelor. Lucrările de avarie care pot fi executate de scafandri sunt: astuparea găurilor de apă datorate avariilor produse corpului unei nave, repararea diferitelor instalații avariate din interiorul compartimentelor inundate ale navei, repararea instalațiilor de guvernare avariate (elice şi cârmă), repararea conductelor submerse.

7.2.1. ASTUPAREA GĂURILOR PRODUSE CORPULUI UNEI NAVE

Găurile de apă pot fi găuri de apă mici a căror suprafață nu depăşeşte 0,05 m^2 şi care pot fi astupate cu diverse materiale cum ar fi dopuri, pene sau perne cofecționate din material moale ca pâslă sau câlți. Astuparea găurilor de apă, a crăpăturilor, a orificiilor rezultate în urma săririi niturilor şi a fisurilor produse din cauza cusăturilor desprinse, la opera vie a unei nave, poate fi executată de scafandri, atât în exteriorul navei cât şi în partea interioară a compartimentelor inundate. Astuparea avariilor din exterior se face, de regulă, în timpul staționării navei în radă sau în port.

Găurile de apă produse la corpul navei, scafandri le astupă cu ajutorul unor materiale de avarie: plasturi rigizi cu margini moi, panouri, perne cu câlți, pene, dopuri. În cazul unor găuri mari de apă, care nu pot fi astupate cu ajutorul mijloacelor existente şi dinainte pregătite, pot fi confecționați paieți de dimensiunile necesare, din materiale de avarie.

Punctul scafandrilor trebuie să fie amplasat în imediata apropiere a locului unde s-a produs avaria. Lucrările pentru astuparea găurilor de apă se execută până la oprirea definitivă a pătrunderii apei, prin gaura de apă, în interiorul navei. Coborârea sub apă a unui alt scafandru care să continue operația de astupare a găurii de apă este pregătită din timp, înainte de ieşirea la suprafață a scafandrului care a lucrat.

Găurile de apă de dimensiuni mici, de forma unor crăpături, scafandrul le astupă prin sudare sau cu pene. În cazul folosirii penelor, el ia mai întâi dimensiunile şi configurațiile aproximative ale găurii de apă şi le comunică la suprafață. Pana confecționată astfel, scafandrul o bate în gaura de apă şi stabileşte aproximativ părțile în care grosimea sau lățimea penei trebuie micşorate. După aceasta, scafandrul scoate pana din gaura de apă şi o transmite la suprafață pentru a fi prelucrată suplimentar. Pana ajustată după gaura de apă se înfăşoară cu câlți impregnați cu smoală şi este transmisă scafandrului care o bate în gaura de apă până la refuz, cu ajutorul unui ciocan. Spațiile rămase le astupă cu un tampon de calafat şi cu ajutorul câlților impregnați cu smoală.

Găurile de apă de formă circulară se astupă cu ajutorul paieților din metal şi apoi sudați, sau cu ajutorul unor dopuri din lemn. Dopul se ajustează în funcție de dimensiunile măsurate ale găurii de apă. Dopul ajustat, împreună cu lestul respectiv, este transmis scafandrului pe o saulă. Scafandrul introduce dopul în gaura de apă şi îl bate până la refuz cu un ciocan (fig. 7.22). Orificiile rezultate în urma niturilor sărite se astupă cu ajutorul unor dopuri mici de lemn sau un ajutorul unor buloane cu cap rabatabil. Scafandrul introduce buloanele cu cap rabatabil în orificii, iar după ce capul ce se rabate se sprijină de bordaj, înşurubează până la refuz piulița bulonului cu ajutorul unei chei. Dacă, pe lângă niturile sărite mai există şi cusături desprinse în bordaj, atunci o asemenea avarie se înlătură prin aplicarea unor buloane cu cap rabatabil, iar în spațiile rămase se pun tampoane de calafat impregnate cu miniu de plumb.

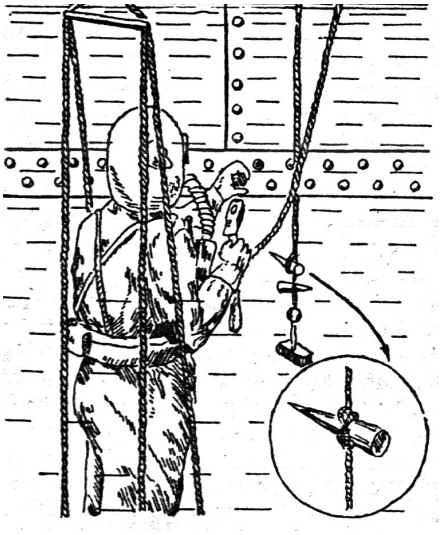


Fig. 7.22. Astuparea de către scafandru a găurilor de apă mici cu ajutorul dopurilor din lemn.

7.2.2. REPARAREA DIFERITELOR INSTALAȚII AVARIATE DIN INTERIORUL COMPARTIMENTELOR INUNDATE

Scafandrii care execută lucrări într-un compartiment inundat trebuie să cunoască bine dispunerea instalațiilor şi utilajelor acestui compartiment. Lansarea scafandrului într-un compartiment inundat se face pe locul de coborâre existent, cu ajutorul unei parâme de coborâre care trece până la puntea compartimentului inundat. Primul scafandru care a coborât fixează parâma de coborâre la locul unde vor trebui să se desfăşoare lucrările. Pentru a ilumina locul de lucru într-un compartiment inundat, scafandrii trebuie să utilizeze lanterne portabile sau se coboară o lampă de iluminare de putere mai mare alimentată cu un cablu electric de la suprafață.

În compartimentele inundate, în afara avariilor diferitelor instalații, se pot produce avarii la conductele principale de abur, apă şi aer. Scafandrii repară aceste avarii cu ajutorul unor coliere de diferite tipuri constructive, unor dispozitive de închidere universale (flanşe oarbe) şi a altor mijloace pentru astuparea tubulaturilor. Pentru a astupa avariile unei tubulaturi, scafandrul caută mai întâi locul avariat şi stabileşte caracteristicile avariei şi metoda de astupare. Dacă pe tubulatura principală au fost descoperite găuri sau crăpături, acestea se astupă prin aplicarea colierelor. Tipul şi dimensiunile acestora se aleg în raport de diametrul țevii şi de presiunea de regim a aburului, apei sau aerului cu care se alimentează conducta principală respectivă. Dacă țeava are un strat de izolație termică, scafandrul trebuie să-l îndepărteze pe o porțiune corespunzătoare pentru a instala colierul. Marginile proeminente ale găurii, scafandrul le bate în interior cu ajutorul unui ciocan. În timpul astupării unei găuri, alimentarea tubulaturii principale trebuie să fie oprită. Dacă aceasta nu se poate realiza, se dau instrucțiuni scafandrului, de la suprafață, pentru a închide valvula corespunzătoare aflată în compartimentul inundat. Pe țeava pregătită pentru a fi astupată, scafandrul aşează garnitura, aplică colierul şi îl strânge pe țeavă. La conductele cu abur se folosesc, garnituri din paronit (azbest) sau cupru, iar la conductele de aer şi apă, garnituri din plumb, cauciuc sau din pînză de velă impregnată cu miniu de plumb. După ce colierul a fost aplicat pe gaură, sistemul de alimentare al conductei se cuplează din nou. În cazul unor avarii mari produse tubulaturii, porțiunea avariată se desface, iar la capetele acesteia se pun, la nevoie,

flanşe oarbe. Pentru aceasta, scafandrul stabileşte, în urma unei cercetări minuţioase, lungimea conductei avariate şi caută locurile cele mai apropiate de îmbinare cu flanşe în porţiunile avariate, sau alege locurile unde capetele avariate ale tubulaturii trebuie tăiate. În cazul în care există îmbinări cu flanşe, scafandrul le desface, scoate ţeava avariată şi, la capetele tubulaturii neavariate, pune flanşe oarbe. În cazul în care conducta nu are îmbinări cu flanşe, porţiunea avariată a tubulaturii trebuie tăiată cu ajutorul unui disc abraziv pentru debitat sau cu ajutorul unui bomfaier. După aceasta, marginile conductei tăiate trebuie curăţate, iar conducta trebuie astupată cu dopuri de lemn.

În afară de operaţiile de reparare a avariilor conductelor în compartimentele inundate, scafandrii pot fi folosiţi pentru comutarea conductei principale, închiderea şi deschiderea valvulelor, ventilelor şi altor dispozitive de închidere, precum şi pentru închiderea diferitelor tambuchiuri şi guri de vizitare, curăţarea sorburilor, mijloacelor de golire (evacuare), aplicarea ghilelor de întărire la pereţii etanşi verticali, ridicarea materialelor din compartimentele inundate, a utilajului şi pentru executarea altor lucrări. Înainte de a executa lucrări la dispozitive de închidere într-un compartiment inundat, scafandrul trebuie să fie familiarizat cu elementele constructive ale dispozitivelor de închidere asemănătoare existente pe navă şi în alte compartimente neinundate.

7.2.3. REPARAREA ELICELOR ŞI CÂRMELOR AVARIATE

Cea mai simplă operaţie subacvatică la o elice, executată cu scafandri, este curăţarea acesteia de depuneri marine. Operaţia de curăţare a palelor elicei se face fie cu un disc abraziv, fie cu o perie de oţel acţionate pneumatic sau hidraulic. Curăţarea palelor elicei trebuie să se facă corect, pentru ca suprafaţa acestora să rămână lucioasă şi netedă, ceea ce conduce la creşterea rezistenţei la depunerea vegetaţiei marine (fig. 7.23).

Avarierea instalaţiilor de guvernare duce, de regulă, la reducerea sau la pierderea totală a vitezei şi manevrabilităţii navei. Defecţiunile şi avariile produse elicelor pot surveni datorită înfăşurării acestora cu parâme şi plase, sau lovirii lor de funduri stâncoase sau de obiecte plutitoare. Eliberarea elicelor se face prin procedee diferite în funcţie de tipul parâmelor sau plaselor care s-au înfăşurat pe ele (din oţel sau din materiale vegetale) şi de modul cum s-au înfăşurat pe elice. Dacă pe elice s-au înfăşurat parâme sau plase vegetale, acestea sunt îndepărtate cu ajutorul cuţitului de scafandru. Pentru eliberarea elicelor de parâmele, lanţurile sau plasele din oţel, se folosesc cleşti pentru tăiere, manuali sau mecanici, fierăstraie pentru metale, dălţi şi ciocane şi procedee de tăiere oxiacetilenică sau oxi-arc. După ce a coborât în apă, scafandrul trebuie să cerceteze cu atenţie elicea şi poziţia parâmei înfăşurată pe aceasta, să stabilească procedeul de eliberare a elicei şi să propună instrumentele necesare pentru această operaţie (fig. 7.24). Parâmele înfăşurate strâns pe elice se desfac în felul următor: dacă există un capăt liber al parâmei, atunci scafandrul îl petrece în jurul butucului elicei în sens contrar înfăşurării şi îl transmite pe puntea navei unde acest capăt se leagă la vinci sau cabestan şi se întinde până se desface volta de parâmă presată pe butucul elicei (fig. 7.25). Operaţia se repetă până când se desfac toate voltele presate ale parâmei. Scafandrul aruncă apoi cu mâna voltele eliberate de pe butucul elicei. Dacă parâma înfăşurată nu are un capăt liber, aceasta se taie şi apoi,

cu capătul liber obținut, se desfăşoară în acelaşi mod. Pentru tăierea parâmei, se alege cea mai slabă voltă de deasupra. Parâma vegetală poate fi tăiată în câteva locuri cu ajutorul cuțitului.

Fig. 7.23. Reparații efectuate la palele elicei.

Fig. 7.24. Cercetarea unei elice.

Pentru îndreptarea palelor îndoite ale unei elice mici, scafandrul foloseşte un ciocan şi o placă metalică suspendată pe o parâmă fixată de bordul navei (fig. 7.26). Pentru aceasta, scafandrul aşează pe una dintre părțile îndoite ale palei placa de metal, iar în cealaltă parte loveşte atent cu ciocanul până când placa se îndreaptă.

Elicele cu palele rupte pot fi demontate de către scafandru şi înlocuite cu altele de rezervă. În funcție de construcția ei, demontarea unei elice poate fi executată cu pene metalice speciale, buloane de strângere, dispozitive speciale de demontare sau folosind explozivi. Pentru a lucra la locul elicei, trebuie coborât sub apă un chioşc care se suspendă aproape de elice. Scafandrul care a coborât sub apă cercetează elicea şi stabileşte care sunt procedeele de demontare ce trebuie folosite.

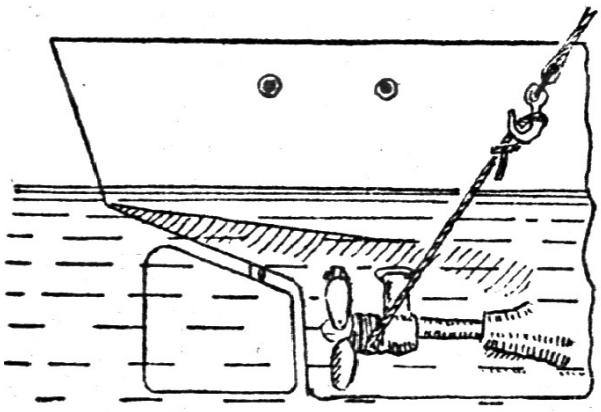


Fig. 7.25. Legarea unei parâme înfăşurată pe butucul elicei, cu parâma cabestanului.

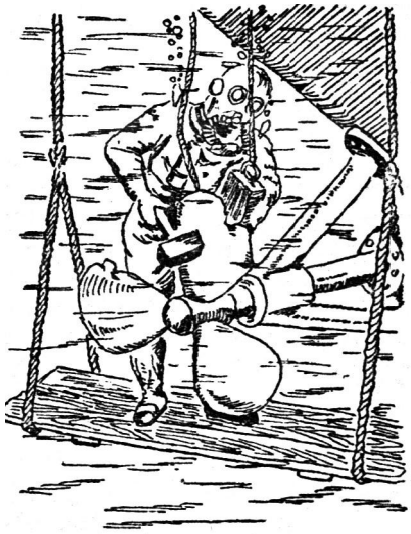


Fig. 7.26. Repararea de către scafandru a palelor îndoite ale unei elice cu ajutorul unei plăci metalice şi a unui ciocan.

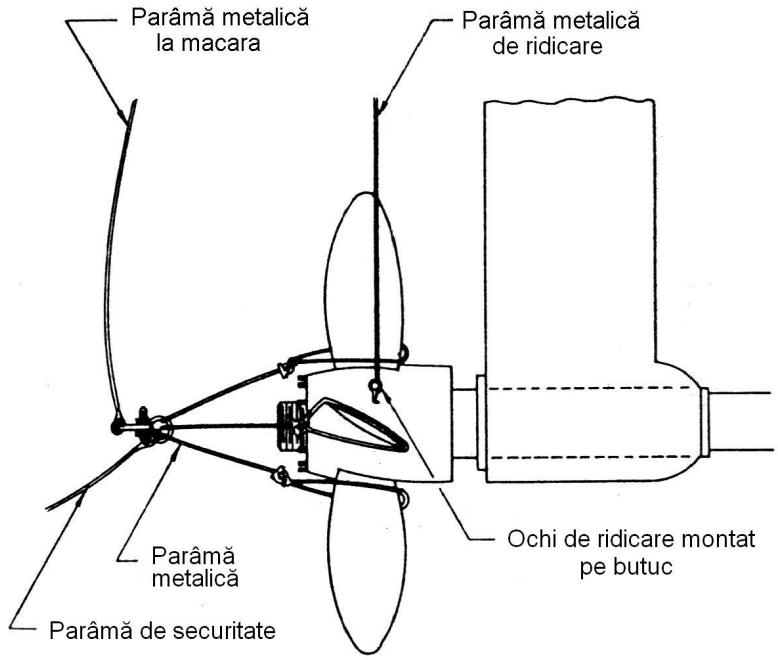


Fig. 7.27. Scoaterea elicei de pe conul axului.

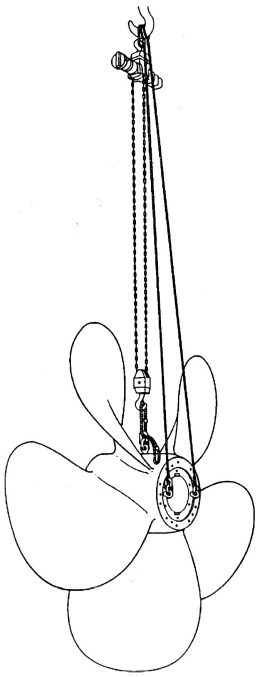


Fig. 7.28. Ridicarea la suprafață a unei elice.

Pentru a demonta o elice avariată, scafandrul trebuie să scoată conul de scurgere al elicei, să slăbească apoi puțin, cu ajutorul unei chei, piulița de blocare a elicei, iar apoi să îndepărteze elicea de pe partea conică a arborelui. La demontarea unor elice de diamensiuni mari, pentru desfacerea piuliței de blocare, se foloseşte o cheie specială existentă pe navă. Cheia se roteşte cu ajutorul unei parâme legată la vinci sau cabestan. Pentru scoaterea unei elice de pe conul arborelui cu ajutorul unor pene metalice, scafandrul instalează penele în părțile opuse ale axului, între butucul elicei şi bucşa tubului etambou. După aceasta, bătând pe rând penele, deplasează elicea şi o leagă de pale cu două parâme primite de pe puntea navei. Parâmele fixate de elice sunt întinse cu ajutorul vinciului sau cabestanului (fig. 7.27). După aceasta, scafandrul desface piulița de blocare, înfăşoară filetul axului cu câlți impregnați cu seu, iar cu mâna sau cu ajutorul unei răngi, scoate elicea de pe ax spre a fi ridicată la suprafață (fig. 7.28). În cazul în care elicea nu poate fi scoasă folosind acest procedeu, se utilizează buloanele de stângere (fig. 7.29).

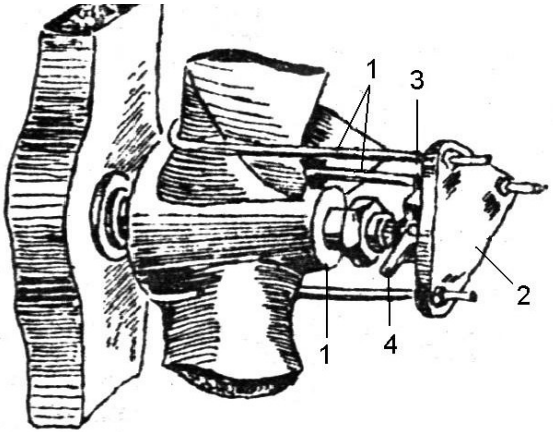


Fig. 7.29. Demontarea unei elice cu ajutorul buloanelor de strângere şi a unui cric: 1– buloane; 2– placă metalică; 3– cric hidraulic; 4– mânerul cricului.

La acest procedeu pentru crearea forţei necesare, se foloseşte un cric. Pentru aceasta, scafandrul aşează buloanele de strângere sub palele elicei. Apoi fixează cricul între placa metalică şi partea frontală a axului şi, acţionând pe mânerul cricului, produce întinderea buloanelor care deplasează elicea de pe conul arborelui. Când se foloseşte un cric hidraulic, scafandrul racordează la acesta un furtun de la o pompă hidraulică şi urmăreşte poziţia elicei ce se deplasează pentru a comunica, la suprafaţă, oprirea funcţionării acestuia. În cazul strângerii cu mâna a buloanelor, scafandrul înşurubează pe rând piuliţele buloanelor până la scoaterea elicei. În cazul în care elicea este blocată şi nu poate fi scoasă de pe conul arborelui, se utilizează procedeul de scoatere cu ajutorul unei încărcături mici de exploziv. Mărimea acesteia se alege în funcţie de dimensiunile elicei, fiind de 50...200 g. După ce a primit două încărcături de exploziv, scafandrul le aşează simetric între butucul elicei şi tubul etambou, legându-le cu ajutorul unei saule. Pentru ca explozia să nu deterioreze arborele, acesta se protejează cu tablă de cupru sau cu lemn. După ce a verificat aşezarea corectă a încărcăturilor şi a fitilelor, scafandrul iese la suprafaţă, iar explozia încărcăturii este declanşată. După scoaterea elicei avariate, scafandrul curăţă partea conică a arborelui şi unge partea filetată a acestuia cu solidol. Elicea nouă, coborâtă pe parâme la locul de montare, este montată de către scafandru pe conul arborelui.

Dintre defecţiunile instalaţiei de guvernare care pot fi remediate de scafandri, fac parte blocarea cârmelor suspendate şi deformarea penei cârmei. Pentru a înlătura înţepenirea unei cârme scafandrul coborât în imersiune trebuie să caute locul unde aceasta s-a înţepenit şi să comunice caracteristicile avariei (fig. 7.30), după care scafandrul stabileşte metoda prin care poate fi remediată avaria.

Fig. 7.30. Verificarea unei cârme.

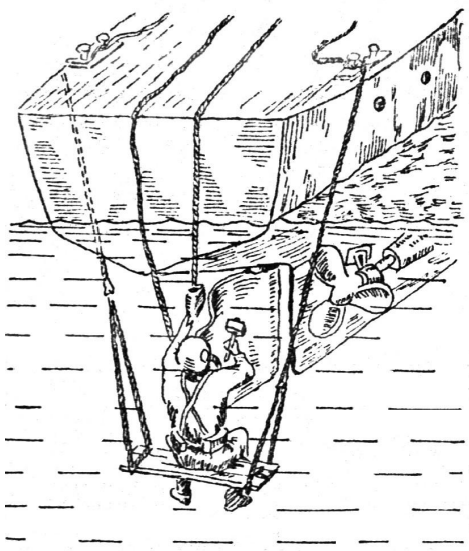


Fig. 7.31. Îndreptarea de către scafandru a părții îndoite a unei pene de cârmă cu ajutorul unei plăci metalice şi a unui ciocan.

Pentru a îndrepta pana unei cârme deformate la navele mici, scafandrul procedează la fel ca în cazul palelor îndoite ale elicelor (fig. 7.31). Dacă pana cârmei este ruptă în aşa măsură încât este necesar să fie consolidată, scafandrul aplică la locul rupturii o placă metalică, fixând-o de pana cârmei prin buloane. După ce pana cârmei a fost reparată, sub supravegherea scafandrului, se trece la manevrarea cârmei dintr-un bord în altul.

7.2.4. LUCRĂRI DE REPARAȚII EFECTUATE LA CONDUCTE SUBMERSE

Conductele submerse pot avea, de obicei, diametre cuprinse între 100 mm şi 1250 mm. Conductele sunt supuse, în mod constant, deteriorării datorită mai multor cauze, printre care şi coroziunii, care pot produce perforarea pereților conductei. Dacă porțiunea de conductă deteriorată se află în apropierea țărmului, la o adâncime mică, repararea poate fi efectuată de pe o barjă sau de pe o navă-suport specializată. Conducta este tăiată de către scafandri, iar cele două capete râmase libere sunt ridicate la suprafață, pe barjă, unde se sudează tronsonul care înlocuieşte porțiunea deteriorată (fig. 7.32).

Apoi, conducta este din nou repusă pe fundul apei. În cazul în care adâncimea apei este prea mare, repararea şi sudarea sunt efectuate în mediu uscat.

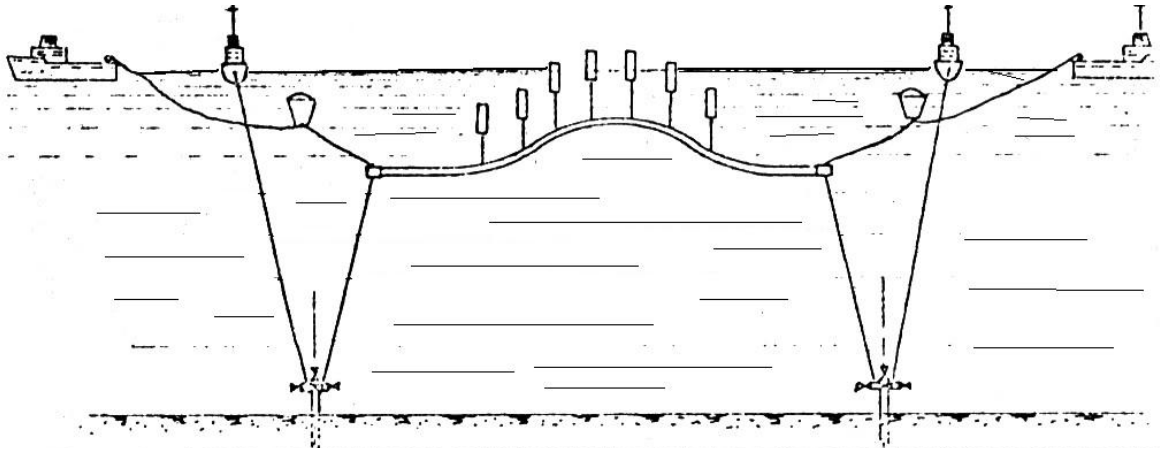


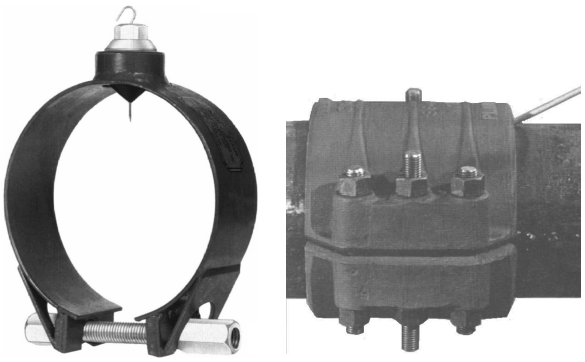
Fig. 7.32. Ridicarea capetelor conductei pe barjă.

Dacă deteriorarea conductei submerse are loc la o distanță mult prea mare de țărm, repararea conductei poate fi efectuată de pe o barjă sau de pe o navă-suport, de către scafandri, utilizând diferite tipuri de coliere sau manşoane speciale, de diferite mărimi. Acestea pot fi cu bandă metalică, şarniere, sau din oțel. Înainte ca aceste coliere să fie fixate, locul unde conducta este deteriorată trebuie, în prealabil, bine curăţat de către scafandru de vegetaţie marină.

Cu ajutorul acestor coliere pot fi astupate găuri care au o suprafaţă de până la 7 cm^2 şi fisuri în lungime de până la 120 mm. Fisurile care au o lungime mai mare pot fi astupate cu ajutorul mai multor coliere, folosind garnituri metalice alungite. Înainte de fixare, colierul trebuie pregătit: se deşurubează buloanele, se eliberează banda, se desfac buloanele de strângere până la refuz, se taie garnitura de paronit şi se unge cu grafit sau cu mastic. După aceasta, scafandrul aplică garnitura pe locul avariat şi, ţinând colierul dinspre partea avariei, îmbracă banda pe conductă, iar capătul benzii se strânge cu ajutorul dispozitivului de strângere. Se întinde banda până se fixează strâns pe conductă şi se strânge cu buloane. După ce s-a convins că garnitura a fost bine aplicată pe locul avariei, scafandrul strânge în mod uniform şuruburile de strângere.

Porii şi găurile provocate de coroziunea exterioară pot fi astupate şi prin aplicarea pe conductă a unor şarniere speciale destinate reparațiilor provizorii ale conductei, pentru a opri, în timpul cel mai scurt, scurgerea produsului. După curățirea locului, pe partea conductei unde s-a constatat scurgerea, se aplică garnitura de suprafață, de mărime corespunzătoare. Această garnitură poate fi din klingherit, cauciuc special (insolubil în petrol), tablă din plumb etc. Peste garnitură se aplică piesa de apăsare sau şeaua prevăzută la extremități cu găuri de prindere şi strângere. Piesa de apăsare este prinsă la capetele piesei de strângere (clamei), apoi se strâng piulițele. Şarniera nu se va aplica pe o porțiune de conductă care mai prezintă şi alte şarniere fixate, porțiunea respectivă trebuind să fie înlocuită. Dacă scurgerea are loc pe o conductă nouă, în locul unei şarniere se poate aplica o placă din oțel, curbată după diametrul conductei. Sub această placă se aşează, peste locul scurgerii, o garnitură de sacrificiu din cauciuc sau klingherit care apoi se strânge. După ce scurgerea a fost oprită complet se procedează la sudarea de către scafandru a plăcii din oțel (fig. 7.33).

Fig. 7.33. Sudarea de către scafandru a plăcii din oțel pe conductă.



a *b*

Fig. 7.34. Manşon pentru astuparea de găuri în conducte subacvatice: *a* – manşon pentru găuri mici; *b* – manşon pentru găuri mari.

Scurgerile prin fisuri, crăpături sau pori, la o sudură circulară sau chiar prin corpul conductei, pot fi remediate prin aplicarea de către scafandru a unui manşon special (fig. 7.34), compus din doi segmenți semicirculari aşezați peste o garnitură din cauciuc special. În figura 7.34,*a* se arată un manşon pentru pori sau găuri mici. Pentru fisuri de dimensiuni mai mari, se aplică un manşon lat cu mai multe cleme (fig. 7.34,*b*). După strângerea lor, repararea definitivă se face prin sudarea, de către scafandru, a manşonului pe conductă.

În unele situații de avarii mai grave, în care este necesară înlocuirea unei porțiuni de conductă (prin sudarea în mediu uscat), trebuie evacuat produsul din porțiunea de conductă pe care se face sudura. Pentru a nu se opri pomparea produsului un timp prea îndelungat, se foloseşte metoda "conductei de ocolire", constând în montarea unei conducte scurte (by-pass), în paralel cu porțiunea ce se înlocuieşte şi prin care pomparea continuă.

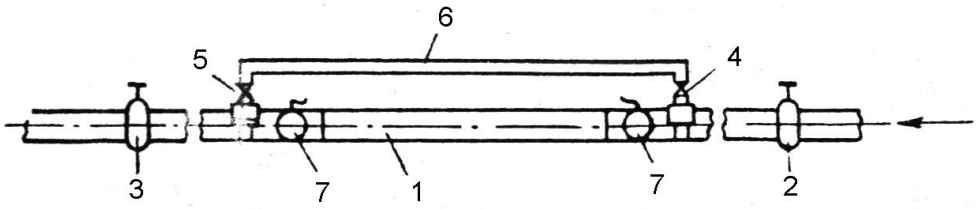


Fig. 7.35. Conductă de ocolire (by-pass) montată pe o conductă submarină: 1– conductă principală; 2, 3– robinete de izolare; 4, 5– robinete by-pass; 6– by-pass; 7– baloane din cauciuc.

În figura 7.35 este prezentată o astfel de conductă de ocolire – porțiunea de conductă ce trebuie înlocuită se află între două robinete de izolare. Între aceste robinete, se montează două branşamente pe conducta în funcțiune. Cele două branşamente se pot închide cu ajutorul unor robinete. La aceste robinete este racordată

conducta de ocolire. După evacuarea produsului se execută două orificii, la extremitățile porțiunii ce trebuie înlocuită. Prin aceste orificii se introduce câte un balon din cauciuc şi se umflă pentru a împiedica contactul dintre produsul rămas în conductă şi locurile unde se va practica tăierea țevii şi montarea prin sudură a noii porțiuni de țeavă. Se procedează apoi la tăierea porțiunii de conductă prin mijloace mecanice (pneumatice sau hidraulice).

În cazurile în care pomparea nu poate fi oprită, se foloseşte metoda branşamentului, cu conducta în funcțiune. Branşamentul poate fi efectuat prin două procedee: prin sudarea branşamentului prevăzut cu robinet şi mecanism pentru perforat conducta (fig. 7.36); fără sudarea branşamentului, folosind o şarnieră şi burghiu pentru perforarea conductei (fig. 7.37)

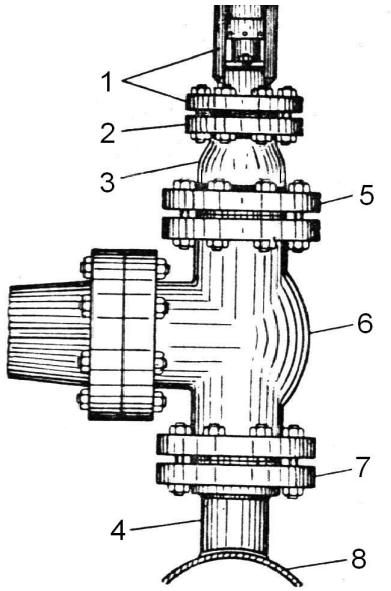


Fig. 7.36. Dispozitiv de branşare prin sudură: 1– mecanism pentru perforat conducta; 2– flanşă filetată; 3– reducție cu filet; 4– niplu de racordare; 5– flanşă filetată; 6– robinet; 7– flanşă nefiletată; 8– conductă.

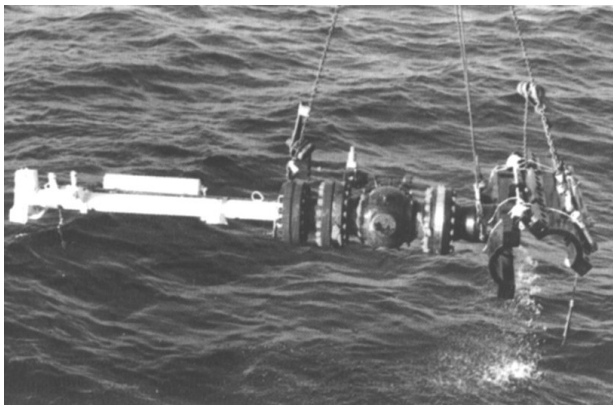


Fig. 7.37. Branşament ce urmează a fi montat fără sudare.

Fig. 7.38. Lucrări efectuate la baraje hidrotehnice.

7.3. LUCRĂRI SUBACVATICE EFECTUATE LA CONSTRUCȚII HIDROTEHNICE ŞI INSTALAȚII HIDROENERGETICE

Un obiectiv important al diferitelor activităţi ce pot fi desfăşurate de către scafandri profesionişti sub apă îl reprezintă efectuarea de lucrări subacvatice utilitare la construcţii hidrotehnice şi la instalaţii hidroenergetice. Utilizarea scafandrilor în acest domeniu de activitate găseşte un câmp larg de aplicare, activităţile subacvatice constând în participarea scafandrilor la executarea şi apoi la verificarea, întreţinerea sau repararea construcţiilor şi instalaţiilor hidrotehnice, aflate sub nivelul liber al apei şi a căror ridicare la suprafaţă sau emersare prin coborârea nivelului apei sunt imposibile sau neeconomice. Astfel, scafandrii sunt folosiţi pentru efectuarea de lucrări subacvatice la diferite amenajări hidrotehnice cum ar fi căi navigabile artificiale interioare, porturi interioare şi maritime, amenajări hidroenergetice, sisteme de irigaţii, amenajări piscicole, sisteme de alimentare cu apă etc.

În cadrul *lucrărilor subacvatice la diferitele cursuri de apă interioare, canalizate*, scafandrii pot efectua lucrări la baraje, centrale hidrotehnice, ecluze, porturi etc. aflate pe diferitele sectoare de canale. Pentru canalele navigabile, scafandrii pot fi utilizaţi la efectuarea de lucrări la podurile-canal, la tunelurile navigabile, la legăturile canalelor cu râul principal şi la ecluzele navigabile de orice tip.

Privitor la *lucrările subacvatice la porturi*, scafandrii pot efectua activităţi de execuţie, verificare şi reparare la construcţiile şi instalaţiile aferente porturilor interioare şi maritime. Scafandrii pot efectua lucrări în bazinele portuare, la digurile aferente gurilor de intrare în port, la cheurile de orice tip aferente fronturilor de acostare, la digurile de apărare ale porturilor de orice tip precum şi la instalaţiile de andocare aferente şantierelor navale.

În ceea ce priveşte *lucrările subacvatice la amenajări hidrotehnice*, scafandrii pot fi folosiţi, în special, la efectuarea de verificări, lucrări de întreţinere şi de reparaţie la barajele de orice tip şi de orice materiale, la pilele şi stavilele centralelor în pile, precum şi la construcţiile şi instalaţiile aferente uzinelor hidroelectrice de orice complexitate (fig. 7.38).

Lucrările cu scafandri efectuate la sistemele hidraulice de irigaţii constau, în verificări şi reparaţii la canalele cu suprafaţă liberă, la bazinele de aspiraţie şi refulare, la stavilele aflate pe canale, la noduri şi ramificaţii, precum şi la staţiile de pompare fixe şi plutitoare, la vanele de pe aspiraţie şi refulare, la sifoanele de evacuare a apei către bazinele de refulare etc.

După cum s-a arătat, scafandrii pot efectua *lucrări sub apă şi la diferitele amenajări piscicole*, activităţile constând, în principal, din verificări şi reparaţii la bazinele piscicole, la stăvilarele şi canalele pescăreşti, la trecătorile şi barierele pentru peşti etc.

O importanţă la fel de mare o au şi *lucrările cu scafandri la sistemele de alimentare cu apă*, acestea constând, în principal, din verificări periodice şi reparaţii la staţiile de captare, la staţiile de pompare, la staţiile de tratare a apei etc.

Lucrările sub apă la baraje şi la construcţii şi instalaţii hidrotehnice necesită luarea unor măsuri speciale de tehnica securităţii muncii, datorită specificului constructiv al diverselor instalaţii submerse aferente barajelor şi construcţiilor hidrotehnice la care se lucrează cu scafandri. Există câteva precauţii care se recomandă a fi luate în consideraţie de către scafandri pentru a se evita producerea

unor accidente. Scafandrul trebuie să afle toate posibilele deschideri pe care ar putea să apară diferenţe de presiune pentru a le evita sau pentru a se lua măsurile ce se impun. Acestea sunt, în special, aspiraţia turbinelor, vanele de umplere, sistemul de ocolire, aspiraţia sistemelor de răcire, conductele de fugă etc., în general, orice deschidere care trece din amonte în aval de baraj şi prin care apa se scurge de la o înălţime superioară la o înălţime inferioară. De asemenea, scafandrul trebuie să acorde o atenţie sporită atunci când scufundarea se efectuează într-o zonă în care structura artificială întâlneşte fundul natural al apei, deoarece unele baraje pot avea scurgeri care nu pot fi observate de la suprafaţă. Nu se recomandă utilizarea echipamentului de scufundare autonom, fiind indicat aparatul de respirat cu alimentare de la suprafaţă, deoarece este foarte important ca scafandrul să fie alimentat cu o cantitate nelimitată de amestec respirator în eventualitatea în care este ”prins” într-o astfel de deschidere.

7.4. UTILIZAREA SUBSTANŢELOR EPOXIDICE POLIMERICE PENTRU EFECTUAREA DE REPARAŢII SUB APĂ

În cazurile în care diferitele tipuri de deteriorări ale structurilor submerse nu sunt situate pe suprafeţe extinse, ele pot fi reparate de către scafandri utilizându-se diverse tipuri de adezivi pe bază de polimeri epoxidici, special concepuţi pentru aplicaţii sub apă. Adezivii epoxidici sunt constituiţi pe bază de răşini epoxidice. Răşinile epoxidice sunt foarte bune materiale izolatoare, au o bună stabilitate termică şi o absorbţie redusă de apă şi reacţionează cu întăritorii prin adicţie directă, fără eliminare de apă sau alte produse secundare. Răşinile epoxidice întărite devin materiale dure, permiţând o bună aderenţă a acestora la majoritatea materialelor de armare cunoscute.

În ultimul timp, pe piaţa românească au apărut o serie de adezive epoxidice cum ar fi THOROCPLUG şi WATERPLUG produşi de firma THOROC din SUA, ideali pentru repararea structurilor submerse din beton (fisuri, crăpături, găuri) şi produsele DEVCON UW, BELZONA SOS-20 şi WEICON ST 115 AQUA pentru structuri imerse din metal.

Aceste răşini epoxidice sunt constituite din două componente, baza şi întăritorul, ce nu necesită o calificare înaltă din partea scafandrului pentru preparare sau aplicare. O dată amestecate, formează o pastă, iar prin întărire rezultă un material dur. Componentele trebuie bine amestecate şi se va avea grijă să se evite, pe cât posibil, pătrunderea aerului. După obţinerea pastei, aceasta poate fi aplicată cu mâna liberă de către scafandru. O mai bună aderenţă a pastei se obţine dacă suprafaţa a fost curăţată de către scafandri cu peria de sârmă sau cu lancea de apă şi dacă au fost îndepărtate toate urmele de oxizi. Se recomandă ca, sub apă, scafandrul să ia amestecul gata format la locul reparaţiei, împachetat într-o pungă din plastic, pentru a împiedica o eventuală spălare a amestecului înainte de aplicare. După întărire, adezivii epoxidici au o rezistenţă la compresiune de 20...90 N/mm^2. Timpul normal de lucru până la întărire este de 15...45 minute, iar timpul de întărire este de 16...24 ore la temperatura apei de 21^0C. Cu cât temperatura ambiantă a apei este mai scăzută, cu atât creşte timpul de întărire.

8.

PREZENTAREA UNOR LUCRĂRI SUBACVATICE EFECTUATE CU SCAFANDRI ÎN ROMÂNIA

În acest capitol sunt prezentate, cu detalii specifice, câteva dintre lucrările subacvatice efectuate cu scafandri de către Centrul de Scafandri Constanța. Astfel, la o serie de lucrări subacvatice sunt prezentate inspecțiile preliminare, lucrările propriu-zise la obiectiv cu repartizarea în timp a activităților subacvatice, dificultățile întâlnite sub apă, precum şi rezultatele acestor lucrări.

8.1. REPARAREA DANEI 79 DIN PORTUL CONSTANȚA

Zona avariată a danei 79 din portul Constanța (fig. 8.1) a micşorat cu aproximativ 14...16 luni posibilitatea de acostare simultană a două petroliere de 150000 tdw, reducând în mod considerabil capacitatea de încărcare-descărcare a țițeiului brut din portul Constanța. Avaria s-a produs datorită a două lovituri succesive asupra celulelor aparținând chesoanelor danei 79 (fig. 8.2) efectuate în mod accidental de către mineralierul românesc COMĂNEŞTI de 165000 tdw şi de către mineralierul japonez SHENSHI de 170000 tdw, coliziuni produse pe timpul manevrelor de acostare executate de aceste nave în condiții meteo nefavorabile, cu vânturi puternice din est. De asemenea, în aceeaşi zonă, la dana 80, s-a produs coliziunea dintre petrolierul HORTEGIA, sub pavilion panamez şi celulele aferente chesoanelor 10, 11 şi 12 de la această dană, în împrejurări identice cu cele de la dana 79.

Inspecția cu scafandri s-a efectuat pentru dana 80 la datele de 23.01.1992, 03.02.1992 şi 12.02.1992, iar pentru dana 79 la data de 01.06.1993. Ambele inspecții s-au efectuat vizual, cu înregistrare video, urmărindu-se contururile spărturilor şi stabilirea aproximativă a zonelor ce vor trebui înlăturate. În urma acestor inspecții a rezultat un raport. Inspecțiile s-au efectuat la cererea societății INTERSERVICE S.A., reprezentant al societății LOYD'S REGISTER în România, pe probleme de asigurări. La cererea aceleiaşi societăți s-a efectuat o contraexpertiză pentru stabilirea dimensiunilor avariilor de către societatea ONACVA S.R.L. Pe baza datelor furnizate de ONACVA S.R.L., IPTANA Bucureşti a proiectat cofrajul şi tehnologia necesară remedierii avariei la dana 79. Pe timpul execuției s-a constatat că aceste date nu au corespuns în totalitate realității, ceea ce a condus la o execuție mai greoaie. Lucrarea de remediere a avariilor executate la dana 79, a fost preluată, în urma unei licitații efectuată de Administrația Portului Constanța, de către S.C.C.H.-Lot 2.

Pentru lucrările de tăiere subcavatică şi pentru inspecții S.C.C.H.-Lot 2, a angajat în antrepriză Centrul de Scafandri Constanța în baza comenzii 1/3503/2007-1993. În baza ordinului de lucru eliberat la data de 02.08.1993, s-au demarat lucrările de tăiere oxi-arc şi inspecțiile subacvatice la dana 79 de către Nava pentru Scafandri de Mare

Adâncime (NSMAd) EMIL RACOVIȚĂ. Lucrările s-au desfăşurat timp de 48 de zile distribuite astfel pe cele 6 luni de activitate: 12 zile în luna august 1993, 9 zile în luna octombrie 1993, 3 zile în luna noiembrie 1993, 13 zile în luna ianuarie 1994 şi 3 zile în luna martie 1994.

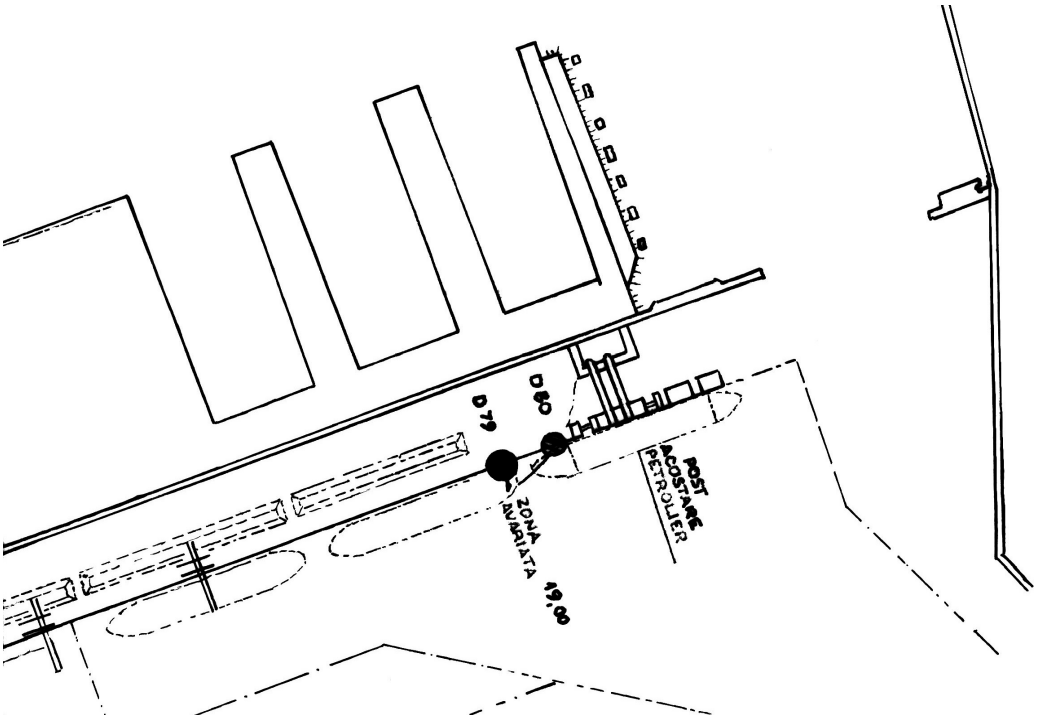


Fig. 8.1. Zona avariată a danei 79 din portul Constanța.

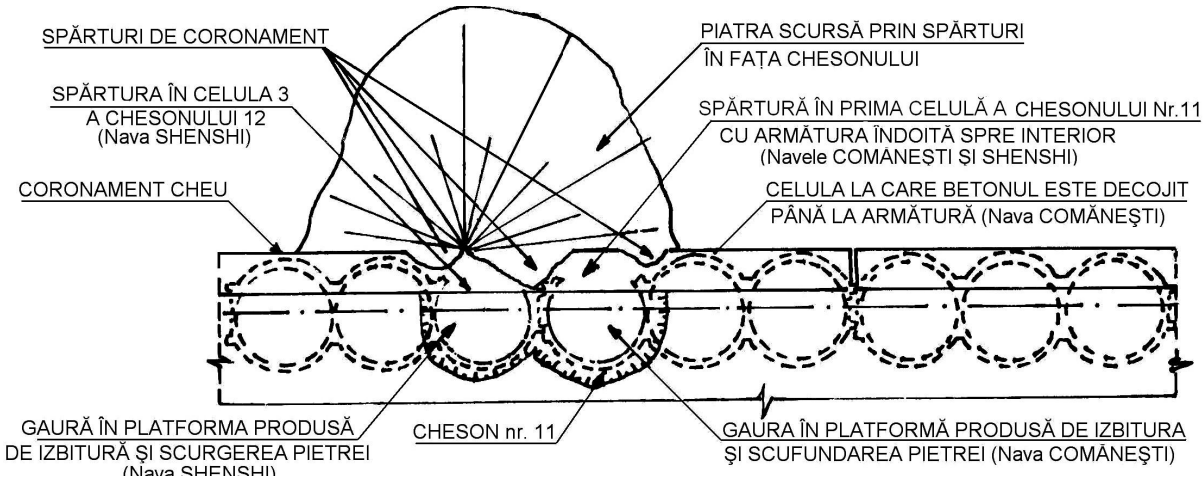


Fig. 8.2. Celulele avariate aparținând chesoanelor 11, 12 şi 13 din zona avariată a danei 79 din portul Constanța.

În principal, lucrările submarine cu scafandri au constat în următoarele:
- tăierea oxi-arc a armăturilor celulelor deteriorate, simultan cu evacuarea materialelor de fierărie şi zidărie căzute pe fundul mării;
- inspectarea subacvatică a lucrărilor efectuate la diferitele etape;
- asigurarea de asistență la mutarea cofrajelor pe fiecare celulă a danei;
- inspectarea subacvatică, a lucrărilor de demontare a cofrajelor.

Lucrările de inspecție submarină s-au efectuat atât individual de către scafandrii Centrului de Scafandri Constanța, cât şi în cooperare cu scafandrii grei aparținând S.C.C.H.-Lot 2. Filmul derulării lucrărilor este prezentat în figura 8.3,*a*,*b*,*c*,*d* unde sunt arătate situația inițială a chesonului deteriorat şi fazele lucrărilor de reparație.

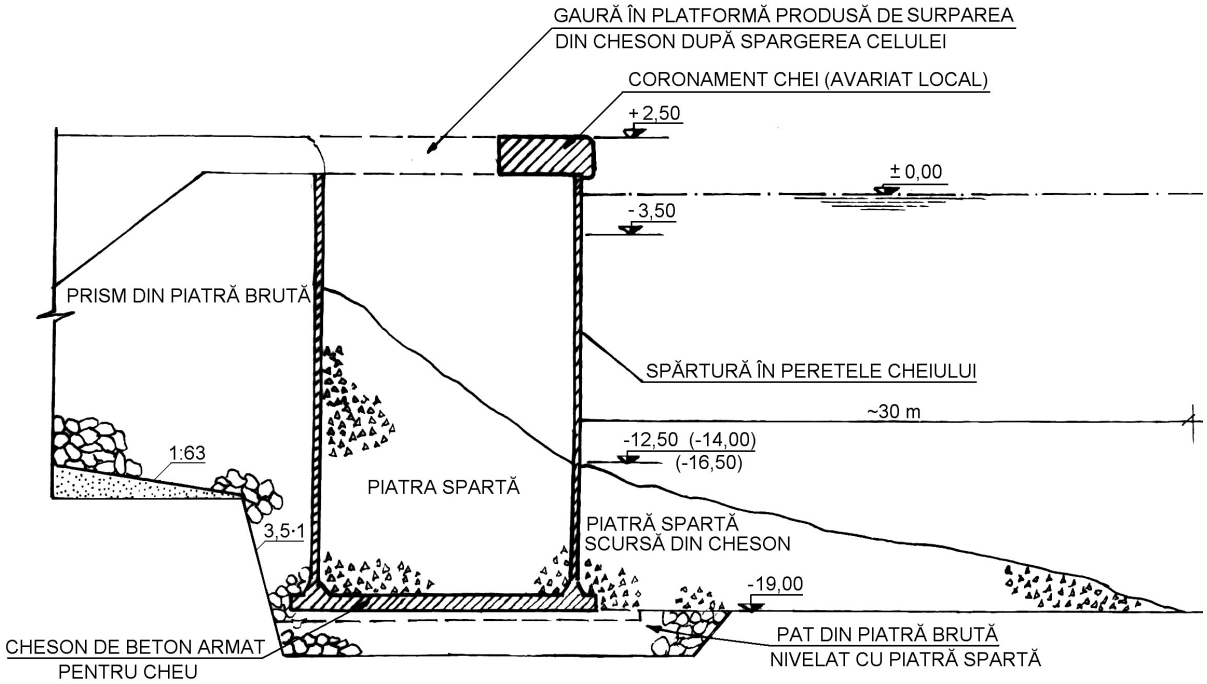


Fig. 8.3. Fazele derulării lucrărilor la chesonul deteriorat:
a – situația chesonului deteriorat prin coliziune în timpul acostării unei nave.

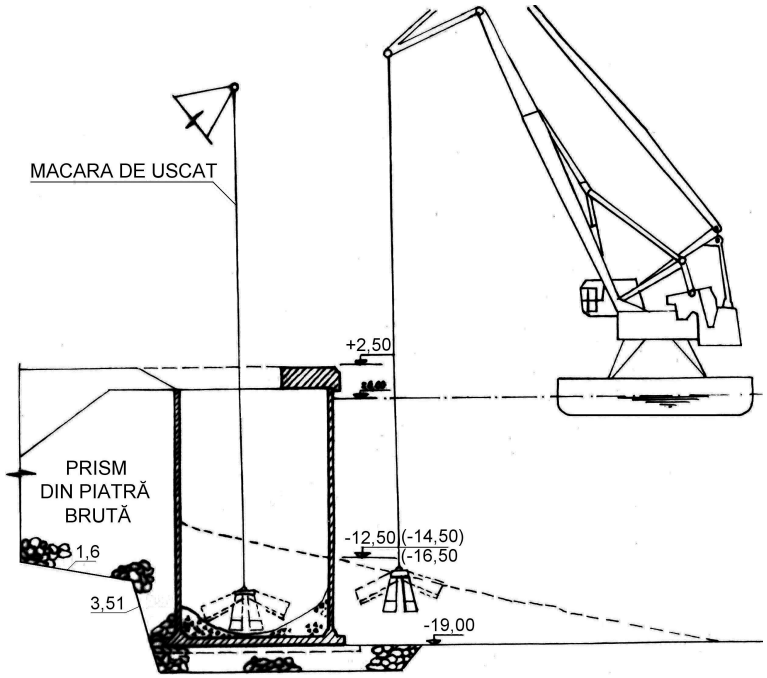


Fig. 8.3. (*continuare*) Fazele derulării lucrărilor la chesonul deteriorat:
b – lucrări pregătitoare: evacuarea pietrei sparte din fața chesonului şi evacuarea pietrei din cheson cu macaraua plutitoare.

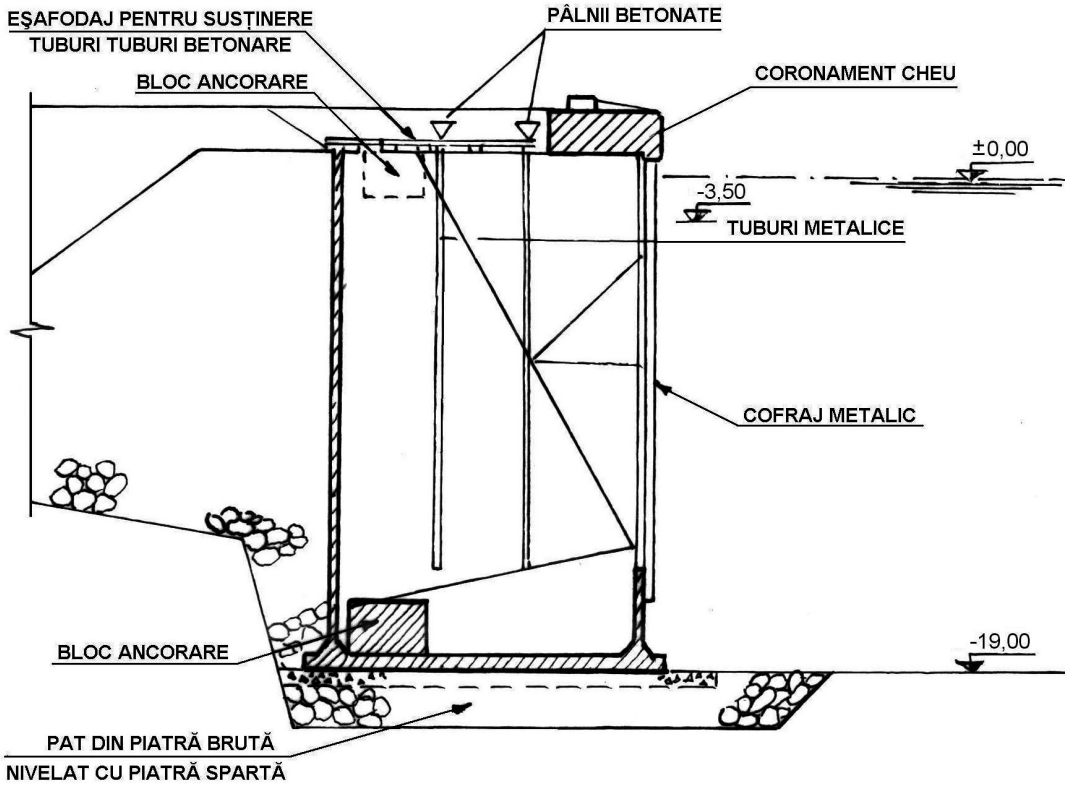


Fig. 8.3. (*continuare*) Fazele derulării lucrărilor la chesonul deteriorat: *c* – lucrări de consolidare: montare blocuri de ancoraj, ancorare cofraj şi montare sistem de betonare sub apă.

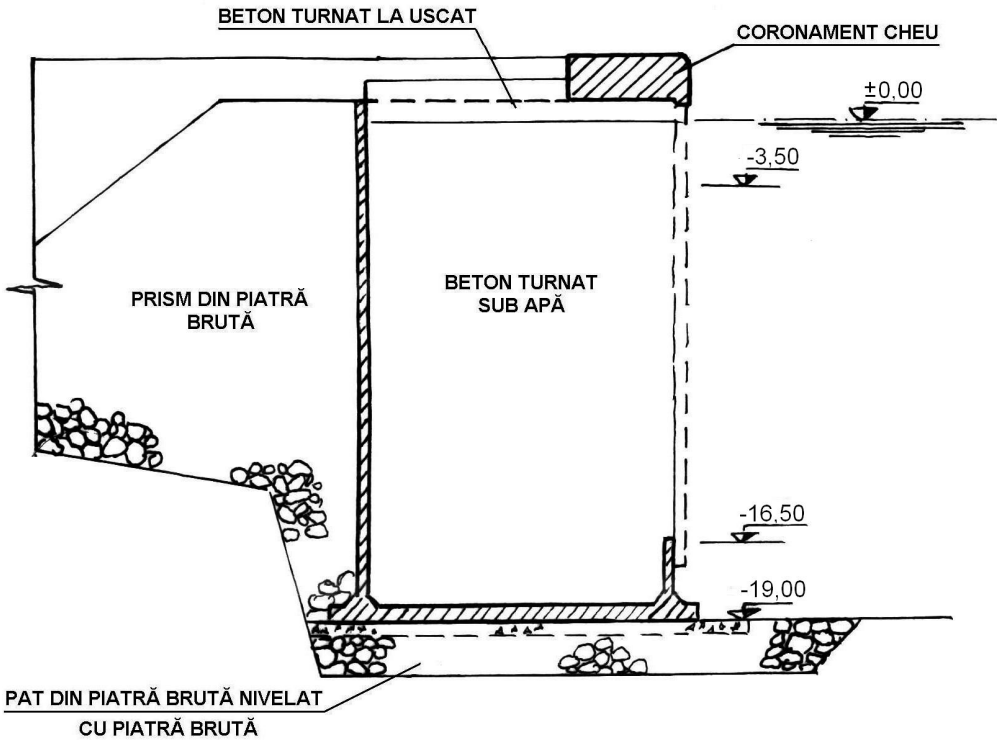


Fig. 8.3. (*continuare*) Fazele derulării lucrărilor la chesonul deteriorat: *d* – lucrări auxiliare: recuperare cofraj, refacere platformă cheu peste cheson şi remedieri coronament.

Faptul că, la începerea lucrării nu a existat o expertiză în urma căreia beneficiarul să îşi prezinte tehnologia, fazele de execuţie şi cerinţele faţă de executant, iar executantul să se pronunţe asupra timpului în care poate să îndeplinească aceste cerinţe, a condus la imposibilitatea încadrării acestei lucrări într-un grafic de execuţie precis. Totodată, lipsa datelor după care a fost întocmită tehnologia de remediere a avariei (date puse la dispoziţia proiectantului de către societatea ONACVA S.R.L.), a condus de asemenea la mărirea timpului de execuţie.

Echipamentul de scufundare utilizat la începerea lucrărilor (costum cu alimentare de la suprafaţă tip BELUGA) nu a satisfăcut pe timpul executării operaţiunilor de tăiere subacvatică între ape şi, din această cauză, s-a folosit costumul uscat UNIFOCH modificat, cu posibilităţi de comunicaţie prin telefonie cu suprafaţa. Datorită existenţei unui păienjeniş de fiare contorsionate, scufundarea cu alimentare de la suprafaţă s-a realizat cu mare dificultate, o bună parte dintre operaţii fiind efectuate prin scufundări autonome, dar cu mască oronazală şi comunicaţie cu scafandri prin telefonie.

Pe timpul executării lucrării scufundările s-au efectuat cu decompresii după tabelele COMEX PRO 18 m, realizându-se un timp de lucru efectiv cuprins între 1 oră şi 2 ore; din aceste date a rezultat că, din punct de vedere al numărului de scafandri folosiţi într-o zi şi din condiţiile oferite de şantierul subacvatic, grupul de scafandri a trebuit să fie compus din 10...12 scafandri.

8.2. ACTIVITĂŢI SUBACVATICE CU SCAFANDRI LA CONDUCTE SUBMARINE

Activităţile cu scafandri la conductele submarine se referă, în principal, la două domenii importante: cercetarea şi identificarea conductelor submarine şi cartografierea cu exactitate a traseelor acestora şi reevaluarea presiunii interioare maxime admisibile pe baza determinării stării de coroziune.

8.2.1. CERCETAREA ŞI IDENTIFICAREA CONDUCTELOR SUBMARINE ŞI CARTOGRAFIEREA TRASEELOR ACESTORA

Pentru cercetarea şi identificarea conductelor submarine, precum şi pentru cartografierea traseelor acestora, se poate folosi un număr mare de tehnici care diferă prin cost, durată, complexitate, precizie şi randament. Cele mai cunoscute tehnici de investigare se bazează pe vizualizarea conductei cu ajutorul scafandrilor sau a camerelor TV tractate, precum şi pe utilizarea ROV-urilor sau a sonarelor. Vizibilitatea relativ redusă datorită turbidităţii apei, ca şi sedimentele ce acoperă conductele de cele mai multe ori, limitează drastic folosirea acestor tehnici. Se mai practică traularea cu un mic ancorot, depistarea conductei făcându-se, în acest caz, prin contact direct.

În situaţiile în care conducta este îngropată (cazurile cele mai frecvente) nici una dintre metodele de mai sus nu poate fi folosită. Cercetarea, identificarea şi cartografierea cea mai eficientă, în acest caz particular, se realizează cu ajutorul magnetometriei. Această metodă se bazează pe proprietatea materialelor feromagnetice de a crea anomalii ale câmpului magnetic terestru. Acestea se datorează atât magnetismului indus cât şi celui permanent, acesta din urmă fiind, în cazul conductelor subacvatice, de aproximativ zece ori mai intens decât primul (situaţia se inversează însă în cazul unui lanţ de oţel, spre exemplu). Câmpul manetic permanent se accentuează

în cazul obiectelor foarte lungi plasate paralel cu acesta. Este util, de asemenea, de a se relocaliza, după un timp îndelungat, o conductă sau o porțiune a acesteia. Cel mai ieftin mod de relocalizare a unei conducte este acela de a fixa în anumite zone ale conductei magneți permanenți, sub forma unor cilindri cu un diametru de aproximativ 5 cm şi cu o lungime de 25 cm, ce rămân activi mulți ani. De o importanță maximă în astfel de activități, este cunoaşterea aproximativă, pe bază de estimare, a anomaliei magnetice care va fi întâlnită. Corelând aspectul semnalului dat de aceasta pe hidrolocator la mai multe treceri prin zona de interes, se poate estima, cu suficientă precizie, dispunerea conductei şi adâncimea la care aceasta se află îngropată.

8.2.2. REEVALUAREA PRESIUNII INTERIOARE MAXIME ADMISIBILE

Reevaluarea presiunii interioare maxime admisibile are ca scop determinarea stării de coroziune a conductei (interioară şi exterioară) în vederea stabilirii noii presiuni de funcționare. Acest lucru se face, evident, pentru creşterea siguranței în exploatare a conductei, avându-se în vedere următoarele considerente: siguranța intervenției, pregătirea suprafeței şi echipamentul disponibil.

Dacă amploararea coroziunii este complet necunoscută, se poate presupune că ea este suficient de accentuată pentru a produce căderea sistemului în orice moment.

Cu anumite excepții, presiunea din conducte trebuie redusă înainte de efectuarea controlului la o valoare depinzând de condițiile de funcționare astfel: cu 0% în cazul conductelor pentru lichidele cu joasă presiune, cu 25% în cazul conductelor pentru lichidele cu înaltă presiune şi pentru gazele cu joasă presiune şi cu 50% în cazul conductelor pentru gaze cu înaltă presiune.

8.2.3. POZIȚIONAREA ŞI MONTAREA UNEI CONDUCTE SUBMARINE ÎN CÂMPUL PETROLIFER LEBĂDA UTILIZÂND SCAFANDRI DE MARE ADÂNCIME

Principalele faze tehnologice ale montării unei conducte submarine în câmpul petrolifer LEBĂDA sunt:

a. Se lansează tronsonul de conductă echipat cu flotori de susținere la suprafață, în baza de sudură Midia;
b. Tronsonul de conductă este scos afară dintre digurile bazei de sudură cu ajutorul a două şalupe şi se transportă apoi cu ajutorul unui remorcher în sistem convoi, către locul de poziționare. Concomitent cu transportul său, echipa de scafandri pregăteşte fața jacket-ului pentru a putea cupla la el riser-ul conductei submarine prin darea unui capăt al unei parâme metalice pe sub ultima traversă a jacket-ului şi ridicarea acestui capăt la suprafață pe fața exterioară, în sistem teleferic.
c. Cu această parâmă şi cu cablurile exitente în sondă, conducta cu riser-ul va fi pusă din poziție orizontală în poziție verticală şi lipită de piciorul jacket-ului, apoi cu ajutorul a două şalupe se aduce conducta pe poziția de lansare, celălalt capăt rămânând la remorca unui remorcher care o împiedică să deriveze.

d. După poziționarea conductei, începe la capătul raiser-ului sudura a "n" tronsoane cu lungimea de 12 m, funcție de adâncime şi afundarea conductei prin declanşarea flotorilor independenți de pe riser până când curbura riser-ului atinge fundul. Declanşarea flotorilor independenți de pe riser se execută pe rând la cererea beneficiarului; de asemenea, tot la cererea beneficiarului se inspectează conducta (capătul cu riser).
e. După ce riser-ul a ajuns la fund, se inspectează modul lui de aşezare, beneficiarul fiind interesat să afle dacă riser-ul este lipit sau nu de piciorul jacket-ului. Dacă poziția este satisfăcătoare, scafandrul leagă cu un zbir riser-ul pe piciorul jacket-ului apoi, la cererea beneficiarului, îl prinde cu ajutorul şarnierelor în diferite puncte indicate de beneficiar. La suprafață, conducta este sudată de jacket.
f. Dacă conducta a derivat, cu ajutorul remorcherului de la celălalt capăt, este adusă la poziție. Dacă tronsonul aflat în plutire face "burtă", este îndreptat cu ajutorul a două şalupe.
g. După poziționarea corectă a conductei, la cererea beneficiarului, scafandrii trec la pregătirea şirului de flotoare indicate de acesta pentru lansare (se declanşează toți flotorii de pe un şir o dată), apoi marchează capetele şirului prgătite cu câte o baliză, iar dacă mai sunt flotori independenți pe riser îi declanşează.
h. După pregătirea şirurilor pentru declanşare, se declanşează şirurile de flotori la cererea beneficiarului, între declanşări urmărindu-se modul de aşezare al conductei pe fund. După terminarea acestei operații se declanşează, doi sau patru flotori independenți de la capătul conductei (capul care se află prins de remorcă) pentru ca acesta să se aşeze pe fund.
i. Concomitent cu declanşarea flotorilor independenți de cap, remorcherul desface baliza de marcare a capătului conductei şi dă drumul conductei din remorcă (baliza este prinsă de conductă printr-o gură de zmeu).
j. Se aduce al doilea tronson de conductă şi se reiau operațiunile în mod identic, până la operația de scufundare a capătului de conductă aflat la remorcă; în loc să fie scufundat, acesta se ridică pe pontonul de sudură, apoi gura de zmeu a capătului scufundat al primului tronson este prinsă de către scafandri în cârligul macaralei şi ridicată pe ponton.
k. Cele două capete sunt tăiate strek, sudate şi izolate, iar apoi, cu ajutorul macaralei, conducta este lansată pe fund.

În perioada 1989-1994, scafandrii de mare adâncime aferenți navei EMIL RACOVIȚĂ, au montat opt tronsoane de conductă în câmpul petrolifer LEBĂDA.

Din analiza acestor activități submarine au rezultat următoarele concluzii de ordin practic:

- necesitatea verificării de către scafandri a sistemului de declanşare a flotorilor înainte de lansarea la apă a conductei;
- dotarea echipelor de scafandri care lansează flotori cu un levier şi cu o foarfecă subacvatică pentru tăierea cablurilor;
- cunoaşterea de către scafandri a modului de echipare al conductei şi verificarea schemei cu situația existentă înainte de lansarea conductei, pentru ca beneficiarul şi scafandrul să poată colabora în mod eficient;

- scafandrii trebuie să execute numai acele operaţiuni cerute de beneficiar;
- grupa de scafandri trebuie să aibă efectivul complet (8...10 echipe) deoarece într-o zi de lucru se execută, în medie 16...20 intervenţii subacvatice;
- operaţiunea este dependentă de condiţiile hidro-meteo şi se poate executa pe o mare de până la gradul 2...3;
- pentru creşterea productivităţii, funcţie de situaţie, se poate lucra cu două echipe în barcă, succesiv, sau cu două bărci simultan.

8.3. ACTIVITATEA SCAFANDRILOR DE MARE ADÂNCIME ÎN TIMPUL MUTĂRII DE PE POZIŢIE A UNEI UNITĂŢI DE FORAJ MARIN AUTORIDICĂTOARE, ÎN CÂMPUL PETROLIFER ROMÂNESC

Mutarea de pe locaţie (dezafectarea) unei platforme de foraj marin autoridicătoare durează aproximativ 20...28 ore din care 18...24 ore durează oprirea extracţiei şi pregătirea unităţii de foraj marin (U.F.M.) pentru mutare, 1...2 ore durează aşezarea unităţii de foraj marin (U.F.M.) pe suprafaţa apei şi 1...2 ore durează smulgerea picioarelor din solul marin şi aducerea lor în poziţie de marş conform cărţii de operare a jack-sistemului. În acest interval de timp, scafandrii execută, la cererea beneficiarului, inspecţia picioarelor U.F.M. urmărind ca picioarele să fie libere de corpuri străine care pot împiedica ridicarea picioarelor. După ridicarea picioarelor şi conducerea platformei în poziţie de marş, cu ajutorul a 3...4 remorchere, platforma este poziţionată pe noua locaţie. În acest moment, scafandrii pot executa, la cererea beneficiarului, controlul fundului, iar după poziţionarea U.F.M., controlul picioarelor platformei şi a modulului de aşezare a tancurilor structurale. Activitatea de scufundare durează aproximativ 10...14 ore din care 4...6 ore durează controlul picioarelor pe timpul pregătirii U.F.M. pentru dezafectare şi 6...8 ore durează controlul fundului mării pe noua locaţie şi controlul picioarelor şi tancurilor structurale după poziţionare.

Datorită experienţei beneficiarului în mutarea U.F.M. în câmpul petrolifer maritim românesc, acesta nu cere întotdeauna asistenţă cu scafandri de mare adâncime pe timpul unei astfel de operaţii dar, în mod sigur, în situaţii de criză sau de război, aceste operaţii nu se vor efectua fără participarea scafandrilor de mare adâncime.

8.4. CURĂŢAREA OPEREI VII A NAVELOR CU AJUTORUL BRUSH-CART-ULUI

Pentru curăţarea operei vii a navelor de epibioza care se depune la un anumit interval de timp, se pot folosi mai multe metode şi anume:

- curăţarea operei vii la suprafaţă, prin urcarea navei pe doc, efectuându-se în paralel şi lucrările specifice oricărei andocări;
- curăţarea operei vii la apă, cu jet hidraulic sau cu ajutorul brush-cart-ului, în paralel cu inspecţia subacvatică a corpului navei.

Se poate spune că nici una dintre aceste metode nu se poate folosi în mod singular, dar îmbinarea lor judicioasă şi anume curăţarea operei vii pe doc concomitent cu curăţarea operei vii la apă, într-un ciclu de avizare pentru navigaţie, duce la importante economii, fiind un lucru demonstrat cu certitudine că un dolar

investit în curățarea operei vii la apă, cu principalul scop de a menține navei o viteză de bază la un consum optim de combustibil, duce la un câştig mediu de 8 dolari, câştig provenit din economia de combustibil rezultată din reducerea rezistenței la înaintare.

Dintre metodele de curățare a operei vii la apă, una dintre cele mai perfecționate este aceea care foloseşte instalația denumită brush-cart (în limba engleză brush – perie şi cart – cărucior) care este un dispozitiv subacvatic de curățare a epibiozei navelor cu ajutorul scafandrilor, compus dintr-un grup de perii rotative din sârme, acționate hidraulic, un sistem pentru deplasarea pe carena navelor, de asemenea hidraulic, precum şi un aspirator al resturilor desprinse, conceput astfel încât să fie perfect echilibrat sub apă, putând fi manevrat cu uşurință de un scafandru sau doi scafandri (în funcție de tip).

În România, încă de la înființarea sa în 1974, Centrul de Scafandri Constanța este singura instituție care neîntrerupt a folosit şi foloseşte astfel de utilaje pentru curățarea operei vii a navelor la apă, realizând o medie de circa 1...4 nave pe lună, activitate care, aproape în totalitate, este completată cu inspecția vizuală a corpului, prizelor de fund, vibratorului sondei, spadei loch-ului, cârmei, elicei, axului port-elice şi a zincurilor, completată de asemenea şi cu înregistrarea video înainte şi după terminarea activității. De-a lungul timpului s-au folosit utilaje fabricate în Belgia de firma SUB SEA INDUSTRIES (M.C. 211, 221, 311) şi în Franța de firma PHOSMARINE (STANDARD, MINI, ISKID, MARINA). În prezent, Centrul de Scafandri Constanța posedă un utilaj de mare productivitate achiziționat în decembrie 1992, care poate executa astfel de operațiuni în rada exterioară sau interioară a portului, în timp record, cu o planificare prealabilă.

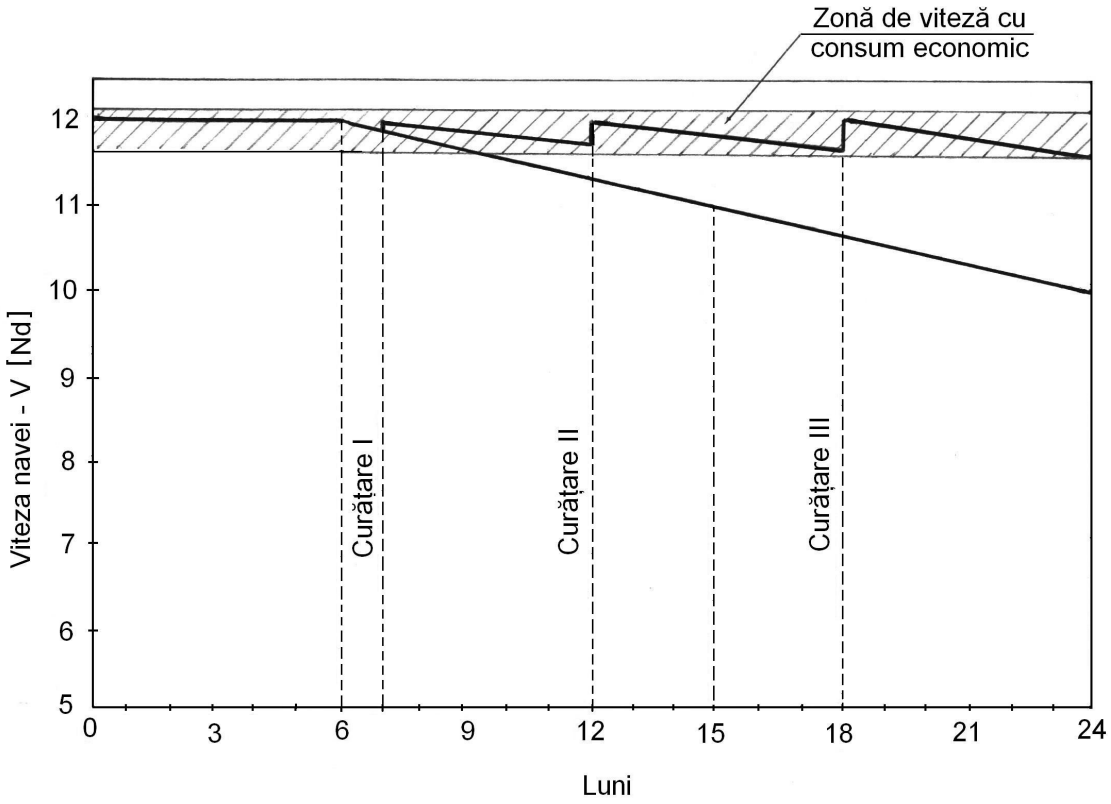


Fig. 8.4. Planificarea curățării operei vii a navelor cu ajutorul brusch-cart-urilor (alegerea intervalului de timp între două curățări), pentru a menține viteza navei în zona cu consum economic, în apropierea valorii de 12 Nd.

Din datele statistice deținute rezultă că, pentru o navă de 35000 tdw, o viteză economică poate fi menținută aproximativ 6 luni, după care ea scade, progresiv, cu aproximativ 1 Nd la 9 luni prin creşterea graduală a rezistenței la înaintare, conducând la o creştere corespunzătoare a consumului de combustibil. Acest neajuns poate fi uşor evitat prin curățirea periodică a corpului navei la un interval de circa 6 luni (fig. 8.4 şi fig. 8.5).

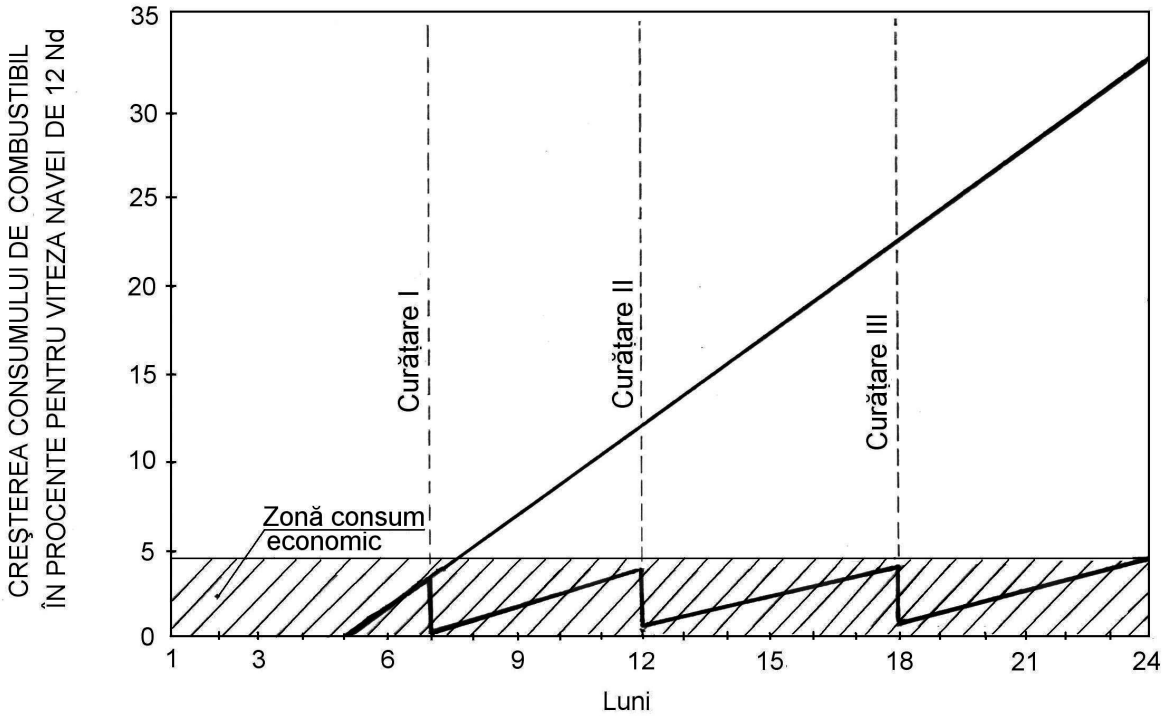


Fig. 8.5. Creşterea consumului de combustibil la o viteză constantă de 12 Nd, funcție de intervalul de timp dintre două curățări succesive a operei vii a navei şi modul de menținere a consumului economic de combustibil.

O altă cauză care contribuie la pierderea de viteză şi la un consum nerațional de combustibil, o constituie starea necorespunzătoare a elicelor datorită depunerilor de epibioză, loviturilor şi coroziunii. Cu toate că aceasta nu scade viteza navei într-un ritm atât de mare (aproximativ 1 Nd la 9 luni în cazul depunerilor pe corp), nu trebuie neglijată curățarea acestora, lucru perfect posibil cu dispozitivul deținut şi care se efectuează ori de câte ori se curăță şi corpul navei.

În continuare se prezintă o lucrare reală de acest fel. Subiectul acestei intervenții subacvatice a fost cargoul de mărfuri generale M/V FREEDOM STAR 2 ex. POIANA (fig. 8.6) având caracteristicile: lungimea 80,31 m, lățimea 5,64 m, pescajul mediu 4,88 m, V.e. 12 Nd, tonajul brut 1635 t, tonajul net 705 t, tonajul deadweight 1950 t, deplasamentul maxim 3057 t, motorul principal SULZER6TAD36 (motor diesel în 2 timpi cu 6 cilindri, fabricat în Jugoslavia) şi 2 motoare auxiliare de 132 kW (U = 390 V; 50 Hz c.a.), caldarina acvatubulară, 3 magazii pentru mărfuri, 2 macarale de câte 5 t şi cu 24 oameni în echipaj.

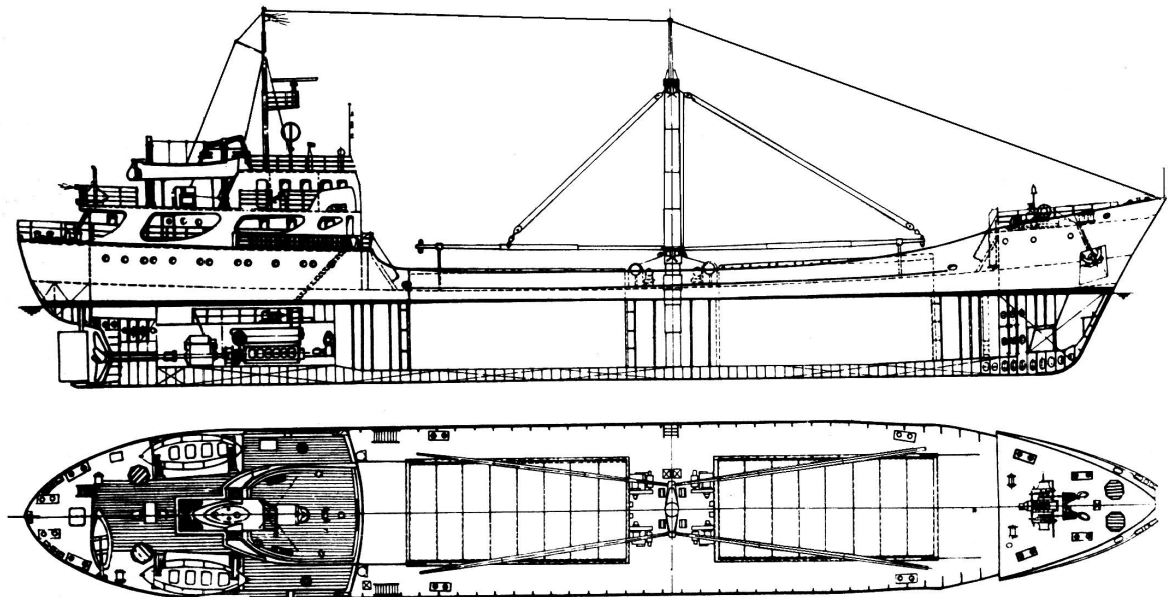


Fig. 8.6. Cargoul de mărfuri generale M/V FREEDOM STAR 2.

Nava a fost construită în 1974 la Şantierul Naval Constanţa (număr de registru 1370, număr de înmatriculare 318, indicativ de apel YRCZ), putând fi utilizată, conform clasificării Registrului Naval Român pentru navigaţie maritimă nelimitată în mările deschise, la distanţe sub 200 Mm de adăposturi sigure sau pe parcursuri în care distanţa dintre aceste adăposturi este sub 400 Mm.

Pe baza cererii companiei SEAWIND SHIPING COMPANY S.R.L., pe data de 06.10.1993, o echipă de scafandri din grupul de scafandri de mare adâncime al navei EMIL RACOVIŢĂ a executat curăţirea operei vii a M/V FREEDOM STAR 2.

Din efectuarea acestei lucrări au reieşit următoarele:

- la acest tip de navă, datorită formei corpului (de la magazia 2 începe evazajul prova), nu se poate curăţa corespunzător decât pupa şi zona magaziei 3; folosirea periei singulare pentru evazajul prova nu a dat randament deoarece scafandrul nu avea un mijloc de fixare;
- cârma, elicele, scările de pescaj pv, pp s-au curăţat manual cu raşcheta;
- datorită existenţei zincurilor pe corpul navei la distanţe relativ mici, se produc multe întreruperi în procesul curăţirii, ceea ce duce la apariţia unor insule necurăţate în partea dinspre pupa.

Lucrarea s-a desfăşurat astfel: o echipă a curăţat cu peria singulară a instalaţiei zona de alternanţă tribord (Td) şi babord (Bd), o echipă a curăţat cu raşcheta scările de pescaj prova (pv), pupa (pp), cârma şi elicea, două echipe au curăţat bordul Td şi două echipe au curăţat bordul Bd. Pe traseele pe care s-a curăţat bordul pe lungimea lui, se observă clar zona de randament de la pupa şi zona nesatisfăcătoare din prova.

În conformitate cu aceeaşi cerere, echipa de scafandri a curăţat prizele de fund şi a obturat o priză de fund în vederea reparării ei fără a se ridica nava pe doc.

Lucrarea s-a desfăşurat astfel:

- inspectarea de către scafandri a prizei de fund;
- demontarea grătarelor prizei de fund, curăţarea manuală a grătarelor şi a interiorului galeriei;

- montarea grătarelor (acestea s-au montat greu deoarece ele nu erau confecționate la fel şi aveau o singură poziție pentru montare, lucru care nu a fost cunoscut la demontare);
- obturarea unei prize de fund cu un panou având dimensiunile de 65 ×55 cm, din tablă cu grosimea de 5 mm, cu şurub central cu diametrul de 16 mm şi garnitură de cauciuc aplicată pe marginea panourilor; datorită greutății proprii relativ mari panoul s-a montat cu ajutorul unei veste compensatoare folosită în acest caz ca balon subacvatic; panoul a etanşat perfect priza de fund, lucru ce a condus la posibilitatea curățirii galeriei de admisie şi a valvulelor Kingston; prin realizarea acestei operațiuni, nava nu a mai trebuit să fie andocată;
- inspectarea de către scafandri a panoului;
- demontarea panoului după repunerea prizei de fund.

Acest tip de lucrare, deşi este foarte rar solicitată (în 10 ani s-au efectuat patru astfel de lucrări), este foarte bine cotată deoarece, realizând-o, armatorul poate să renunțe la o andocare occidentală, de unde reiese şi economia mare realizată.

8.5. INSPECȚIA SUBACVATICĂ CU SCAFANDRI LA NAVE

Inspecția subacvatică cu scafandri se execută de către grupurile de scafandri în conformitate cu regulile de registru ale registrului care supraveghează nava în baza unei autorizări dată de registrul naval respectiv. Inspecția se execută numai sub supravegherea inspectorului registrului care supraveghează nava, ea putând fi vizuală cu înregistrarea video cu transmitere la suprafață a imaginilor, sau vizuală cu fotografie subacvatică. Grupurile de scafandri pot obține autorizație de executare a acestor inspecții de la un registru dacă serviciile pe care le prestează sunt efectuate sub supravegherea unui sistem de management al calității, iar grupul de scafandri îndeplineşte condițiile cerute de regulile registrului respectiv cu privire la pregătirea tehnică şi la procedurile folosite. În urma unei inspecții rezultă un raport de inspecție.

8.6. LUCRĂRI SUBACVATICE ÎN LACURILE DE ACUMULARE DIN ROMÂNIA

În perioada 30.09.1994–09.10.1994, o echipă de scafandri a executat montarea unui batardou la sistemul de drenaj al barajului de acumulare Gura Râului din județul Sibiu (fig. 8.7). Zona de lucru era caracterizată prin adâncimea fundului de 67 m, adâncimea de lucru de 51 m şi altitudinea la care era situat barajul de 647 m.

Asigurarea materială a echipei de scafandri a fost următoarea: echipament individual, instalație TV cu circuit închis OSPREY, barocameră biloc, butelii cu amestec NITROX 50/50 pentru tratamentul accidentelor de decompresie, butelii cu aer comprimat, compresor RTG, două complete cu alimentare de la suprafață, comunicații scafandrii cu suprafața şi instalație subacvatică de iluminat.

Scufundarea s-a efectuat după tabelele de scufundare COMEX PRO 51 m. Altitudinea nu a influențat schimbarea tabelei, deoarece în tabelele Bühlmann de scufundare la altitudine, la timpi de fund egali, timpii de decompresie la diferite paliere sunt mai mici decât în tabelele COMEX PRO 51 m.

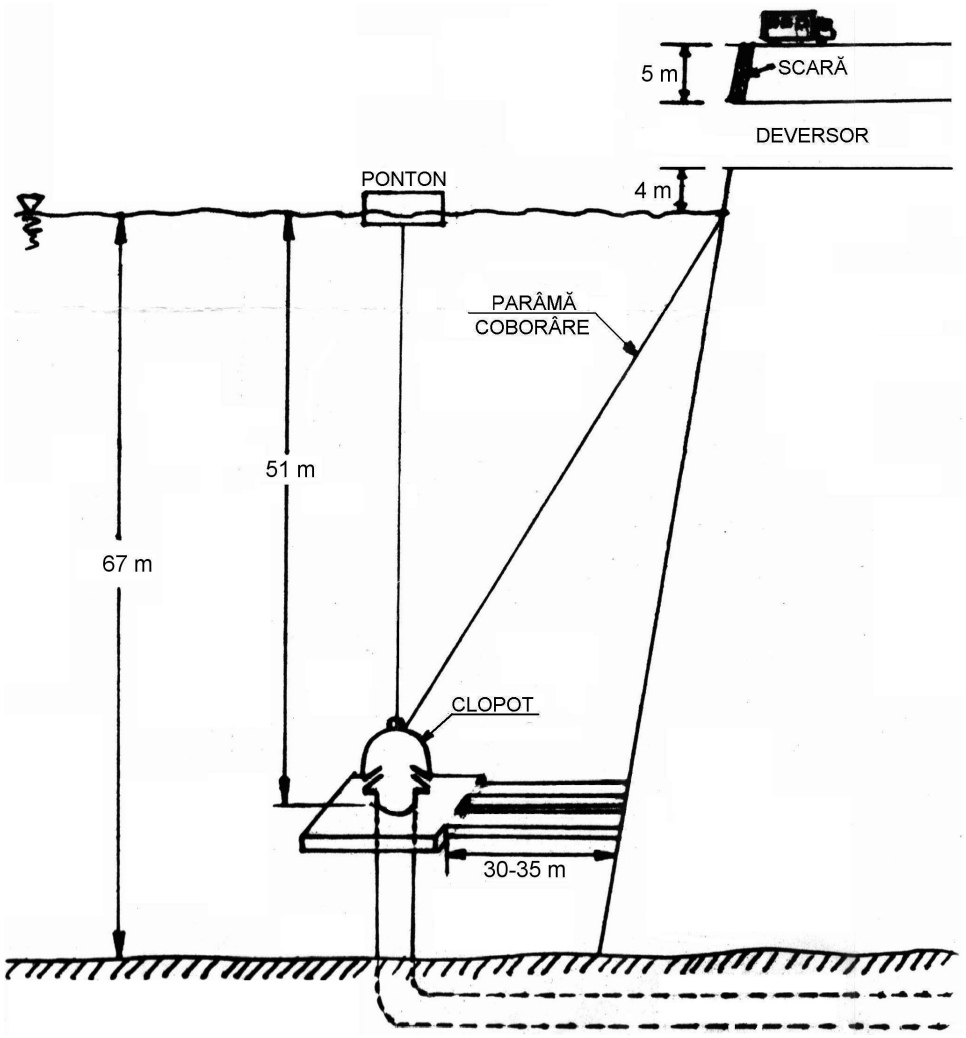


Fig. 8.7. Montarea batardoului la sistemul de drenaj al barajului de acumulare Gura Râului din județul Sibiu.

Timpul de fund folosit pe perioada acestor scufundări a fost de 10...20 minute.

În fiecare zi de lucru s-au executat câte trei scufundări. Majoritatea echipelor au fost compuse dintr-un scafandru cu alimentare de la suprafață şi un scafandru autonom. Scufundările, în totalitatea lor, s-au executat cu aer.

Condițiile de scufundare au fost: apă dulce, viteză mare de coborâre, vizibilitate redusă, suspensii în cantitate mare, iar barajul şi toate părțile din beton de lângă conducta sistemului de drenaj erau acoperite cu mâzgă.

Programul scufundărilor a fost următorul:

ZIUA I: cercetarea şi inspectarea locului de muncă.

ZIUA a II-a: - montarea unui ghid de coborâre între suprafață şi locul de muncă;
- începerea curățirii locului de amplasare a batardoului;

ZIUA a III-a: continuarea curățirii locului de amplasare a batardoului;

ZIUA a IV-a: terminarea curățirii locului şi poziționarea batardoului;

ZIUA a V-a: inspectarea modului de aşezare a batardoului.

În ziua a III-a s-a produs un accident de scufundare, un bend tratat oportun în barocamera biloc, accident fără urmări pentru scafandru.

În perioada 27.09.1994 – 01.10.1994, o echipă de scafandri a executat o lucrare la barajul Probota (fig. 8.8) din cadrul sistemului de aducțiune Cerchezoaia Iaşi, care a constat în ridicarea batardoului de pe gaura de deversare a barajului (gură cu Ø 600 mm), poarta batardoului aflându-se într-un paralelipiped de beton cu dimensiunile 2 m × 3 m × × 16 m sub nivelul apei şi aluviuni pe o înălțime de 1,5 m.

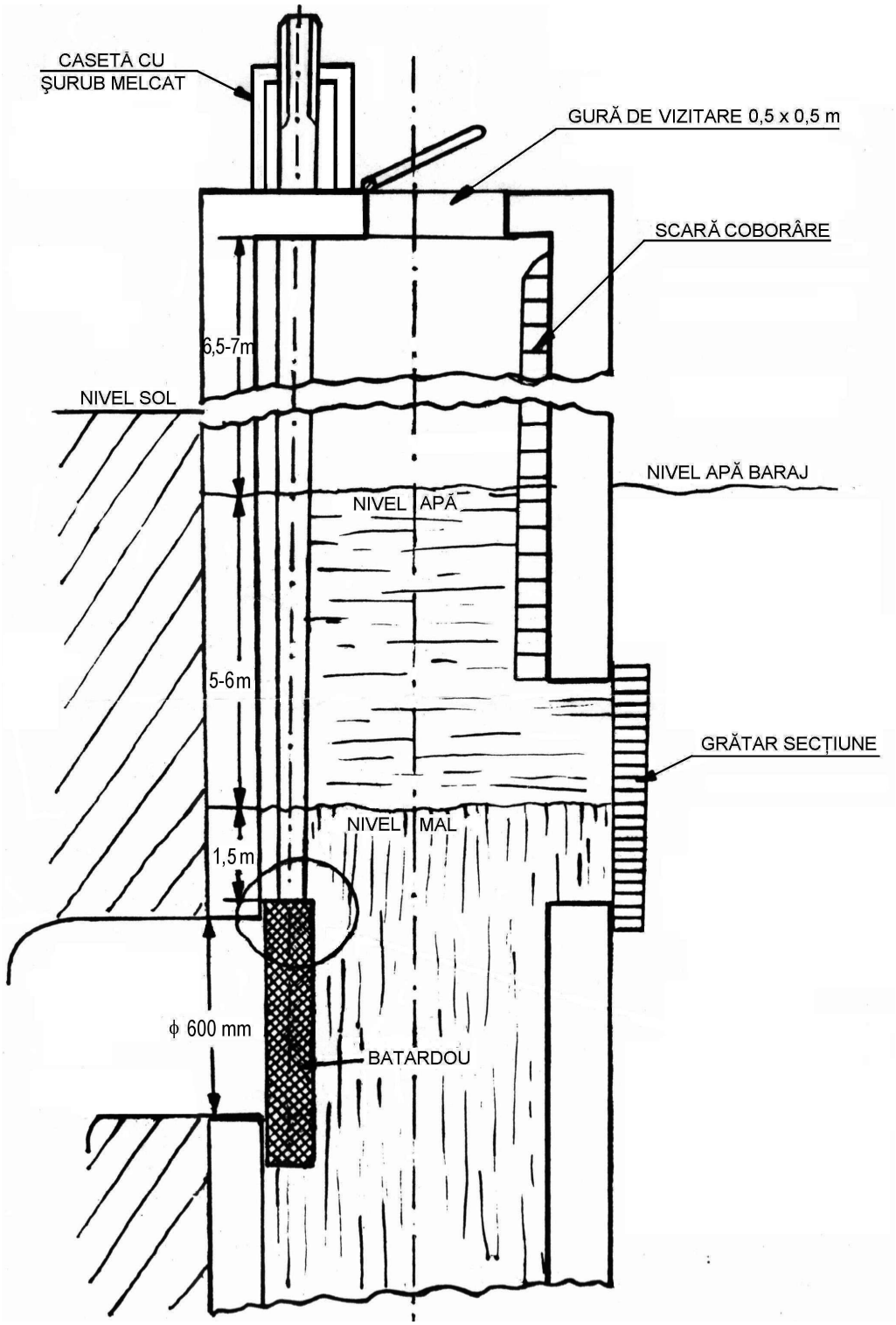


Fig. 8.8. Schema batardoului de pe gura de deversare a barajului de pe lacul Probota.

Lucrarea s-a desfăşurat astfel:

ZIUA I: inspecţia vizuală a căminului şi a porţii batardoului concomitent cu stabilirea metodei de lucru; decolmatarea a 1,5 m grosime de mâl pentru a ajunge la buza de sus a batardoului în vederea tăierii oxi-arc a vechilor axe; pregătirea zonelor ce urmează a fi tăiate prin îndepărtarea depunerilor de mâl şi a ruginii;

ZIUA a II-a: tăierea axului de susţinere din stânga şi dreapta batardoului de Ø 73 mm şi L = 12 m; decuparea casetei şurubului melcat şi îndepărtarea acestuia pentru scoaterea segmentelor axelor tăiate;

ZIUA a III-a: practicarea de orificii Ø 73 mm la baza superioară a batardoului pentru introducerea noilor axe; practicarea de ferestre laterale în batardou pentru fixarea axelor sub buza batardoului cu şaibe şi bolţuri; dimensiunile ferestrelor practicate au fost de 400 × 250 mm (fig. 8.9);

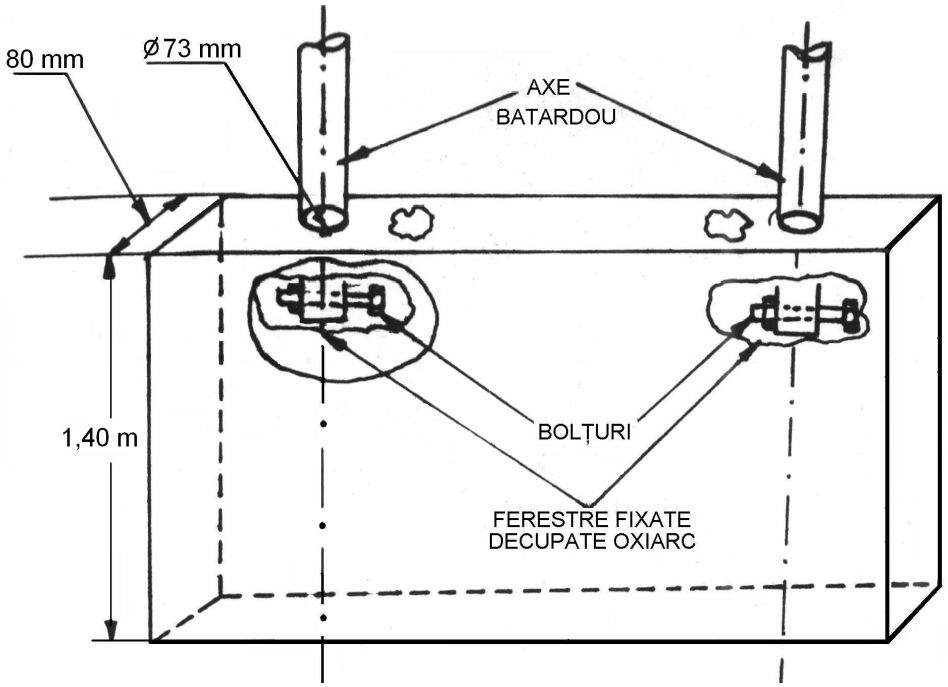


Fig. 8.9. Practicarea de ferestre laterale în batardou pentru fixarea axelor.

ZIUA a IV-a: introducerea noilor axe în orificiile decupate în buza superioară a batardoului şi fixarea şaibelor şi a bolţurilor prin ferestrele laterale practicate în acest scop (fig. 8.10); începerea ridicării batardoului; la un moment dat se constată că buza superioară la axul din partea stângă a batardoului cedează datorită înclinării acestuia pe ghidaje; se stopează ridicarea şi se execută o scufundare cu scopul înlocuirii şaibelor fixate anterior cu platbandă din foaie de arc având practicate orificii identice cu cele din batardou; la înlocuirea şaibelor cu platbandă se constată îndoirea bolţurilor şi imposibilitatea scoaterii acestora manual, sub apă; se execută tăierea oxi-arc a acestora, se înlocuiesc şaibele cu platbande şi se montează bolţuri noi la poziţie; suplimentar, se mai dă o legătură cu şufă metalică Ø 16 mm prin ferestrele decupate şi prin găurile vechilor axe; se începe ridicarea batardoului folosindu-se, de această dată, patru puncte de prindere; se reuşeşte deblocarea acestora şi scoaterea lui la suprafaţă în vederea consolidării structurii metalice a acestuia sau înlocuirii sale complete.

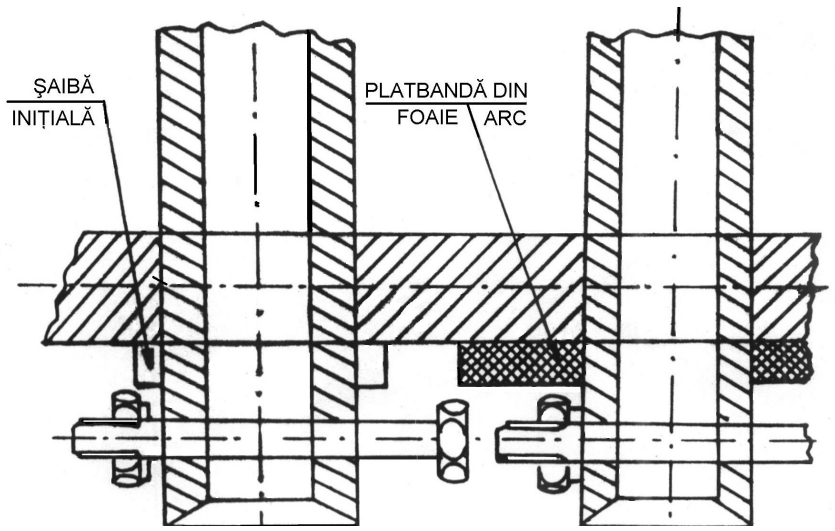


Fig. 8.10. Introducerea noilor axe şi fixarea şaibelor şi a bolțurilor.

8.7. CĂUTĂRI SUBACVATICE CU SCAFANDRI

Lucrările de căutare subacvatică sunt unele dintre cele mai des executate de către echipele de scafandri. Pentru exemplificare se prezintă în continuare căutarea ancorei navei „obiect 810", căutare ce a fost executată în perioada 08.11.1994 - 19.11.1994, de către grupul de scafandri de mare adâncime ambarcat pe nava EMIL RACOVIȚĂ, la cererea Şantierului Naval Galați. Ancora obiectului 810 (corp de mineralier de 55000 tdw) a fost pierdută la data de 22.10.1994 în rada portului Constanța, în Zona de Ancoraj 3, pe timpul unei furtuni puternice, în momentul recuperării.

Datele primare după care s-a executat căutarea au fost:

a) latitudinea adevărată $\varphi a = 44^0 09'$ N, longitudinea adevărată $\lambda a = 28^0 48'$ E, iar adâncimea apei de 32 m (coordonatele au fost luate după G.P.S., dar notate fără zecimale).

b) relevment adevărat 1 măsurat cu radiolocatorul $Ra_{1RL} = 218^0$, distanța d = 5,1 Mm, în momentul ancorării față de cap dig N Constanța;

c) $Ra_{2RL} = 225^0$ (corectat după verificarea radarului), d = 5,1 Mm în momentul ancorării față de cap dig N Constanța.

În urma acestor date preliminare a rezultat un raion de căutare cu laturile de 1,33 Mm lungime şi 92 cabluri lățime, orientat N/S.

În momentul recuperării ancorei, în pupa Td a navei „obiect 810", la distanța d = 6...7 cbl (cablu: 1 cbl = 1/10 Mm = 185,2 m) față de navă, se afla o altă navă sub pavilion croat care, pentru a preîntâmpina o coliziune cu nava „obiect 810" , şi-a abandonat ancora cu lanț în $\varphi a = 44^0 09'_3$ N, $\lambda a = 28^0 48'_3$ E.

După cum se poate observa, elementele inițiale ale navei „obiect 810" cu cele ale navei croate nu corespund; rezultă un raion de căutare având lungimea de 1,93 Mm şi lățimea de 1,22 Mm orientat N/S.

Vântul bătea din NE, iar nava îşi schimba capul într-o plaje de valori cuprinse în intervalul $40^0...70^0$. Căutarea ancorei navei croate s-a efectuat de către firma TETHYS-PRO S.R.L. din Constanța.

Căutarea ancorei navei "obiect 810" s-a organizat astfel:

ZIUA I: 08.11.1994, în φa = $44^0$09' N, λa = $28^0$48' E într-un raion cu lungimea de 200 m şi lăţimea de 100 m, orientat W/E şi cu adâncime de 32 m; s-au efectuat scufundări autonome cu aer comprimat şi trainare.

ZIUA a II-a: 11.11.1994, în φa = $44^0$10' 32" N, λa = $28^0$46' 09", s-au efectuat trainare şi scufundări într-un raion cu lungimea de 200 m şi lăţimea de 100 m după relevment de radiolocaţie, în momentul ancorării, cu radilocatorul necompensat.

ZIUA a III-a: 17.11.1994, φa = $44^0$08'$_9$ N, λa = $28^0$47'$_8$ E; s-au efectuat trainare şi scufundări între Ra = 46^0 şi 56^0 la distanţa de navă de 100...400 m măsurată din punctul de ancoraj (Ra = 234^0, d = 46 cbl faţă de cap dig N Constanţa).

ZIUA a IV-a: 18.11.1994, în φa = $44^0$09' 93" N, λa = $28^0$47' 51" E, $Ra_{RL} = 225^0$, d = 5,1 Mm faţă de cap dig N Constanţa obţinut după corectarea radarului şi măsurat în momentul ancorării, s-au efectuat trainare şi scufundări antonome cu aer comprimat într-un raion cu lungimea de 200 m şi lăţimea de 200 m, orientat W/N.

Natura fundului în toate cele patru raioane de căutare, ca şi în raionul mare în care este posibil să se fi pierdut ancora, este caracterizată prin adâncimea stratului mâlos de 50 cm ... 100 cm.

Datorită erorilor mari realizate în măsurarea elementelor iniţiale ale fundului mâlos şi a timpului scurs între momentul pierderii şi momentul începerii căutării (un număr de 18 zile) şi a probabilităţii mici de descoperire, ancora nu a putut fi găsită. Acest insucces s-a datorat în special metodei greşite de căutare şi anume datorită punerii accentului pe căutarea cu scafandri în loc de trainare cu o şalupă şi căutarea cu scafandri în punctele de blocare a trainei. Aplicând acest procedeu combinat cu cercetarea cu o sondă ultrason bidimensională, firma TETHYS-PRO S.R.L. a reuşit într-un timp relativ scurt să găsească ambele ancore.

8.8. TESTĂRI DE MATERIALE SUBACVATICE

Testarea de materiale subacvatice reprezintă o activitate pe care scafandrii o desfăşoară cu regularitate. Pentru exemplificare, se va prezenta modul de desfăşurare a testării electrozilor de sudură şi tăiere oxi-arc fabricaţi de S.C. DUCTIL S.A. din Buzău în vederea achiziţionării acestora de către Centrul de Scafandri Constanţa în perioada 17.01.1995 – 20.01.1995. În continuare este reprezentată această activitate subacvatică de testare, defalcată pe zile.

ZIUA I, Marţi 17.01.1995. S-au executat următoarele operaţii:

a) tăiere oxi-arc cu convertizorul de sudură tip COMEX al Navei pentru Scafandri de Mare Adâncime (NSMAd) GRIGORE ANTIPA (fig. 8.11), în bordul acestei nave (adâncimea de lucru 13 m, temperatura apei 7^0C, iar curentul de tăiere 450...550 A);

b) sudură cu convertizorul de sudură tip COMEX al navei GRIGORE ANTIPA, în bordul acestei nave (adâncimea de lucru 13 m, temperatura apei 7^0C, iar curentul de sudură 350...400 A).

S-au efectuat patru scufundări (4 echipe × 2 scafandri = 8 scafandri) două la tăiere şi două la sudură, timp de 6 ore (de la ora 9^{00} la ora 15^{00}, deci 90 minute /om).

ZIUA a II-a, Miercuri 18.01.1995. S-au executat următoarele operaţii:

a) tăiere şi sudură cu convertizorul de sudură tip COMEX al navei GRIGORE ANTIPA (adâncimea de lucru 13 m, temperatura apei 7^0C, iar curentul de tăiere 450…500 A);

b) tăiere cu convertizorul de sudură C.S. 500 A al navei EMIL RACOVIȚĂ (adâncimea de lucru 13 m, temperatura apei 7^0C, iar curentul de tăiere şi sudură 400...500 A).

Fig. 8.11. Nava pentru Scafandri de Mare Adâncime NSMAd GRIGORE ANTIPA aflată în dotarea Centrului de Scafandri Constanța.

Au efectuat scufundări patru echipe de scafandri, două echipe la nava GRIGORE ANTIPA şi două echipe la nava EMIL RACOVIȚĂ timp de 5 ore (de la ora 9^{00} la ora 14^{00}, 90 minute /om).

ZIUA a III-a, Joi 19.01.1995. S-au executat tăiere oxi-arc şi sudură subacvatică cu convertizorul C.S. 500 A al navei EMIL RACOVIȚĂ (adâncimea de lucru 13 m, temperatura apei 7^0C, iar curentul de tăiere şi sudură 300...450 A). Au efectuat scufundări trei echipe de scafandri timp de 4 ore (de la ora 9^{00} la 13^{00}, 60 minute /om).

Toate aceste încercări s-au executat în prezența reprezentantului S.C. DUCTIL din Buzău. În urma acestei activități s-a formulat un proces verbal de constatare.

8.9. INSPECȚII SUBACVATICE LA EPAVE

În perioada 01.05.1994 – 31.08.1994, grupul de scafandri de mare adâncime de pe nava EMIL RACOVIȚĂ a efectuat cercetarea epavelor din portul Constanța, activitate ce a avut ca scop principal strângerea datelor necesare întocmirii unor variante de ranfluare a acestor epave. În figura 8.12 se prezintă harta portului Constanța cu poziția epavelor inspectate în anul 1994. Planul general al activității a fost următorul:

- 30. 05.1994, 01.08.1994 – expertiza la epava navei bază SC 26-46 scufundată la Agigea Sud (4);
- 01.08.1994 – expertiză la epava M/V ANASTASIA (3);
- 02.06.1994 – expertiză la tancul petrolier portuar CÂMPINA (1);
- 03.06.1994, 06.06.1994 şi 02.08.1994 – expertiză la epava barjei din Canalul de legătură port Constanța – Agigea Sud (2);
- 07.06.1994, 28.07.1994 şi 03.06.1994 – expertiză la epava M/V FUKSIA (5).

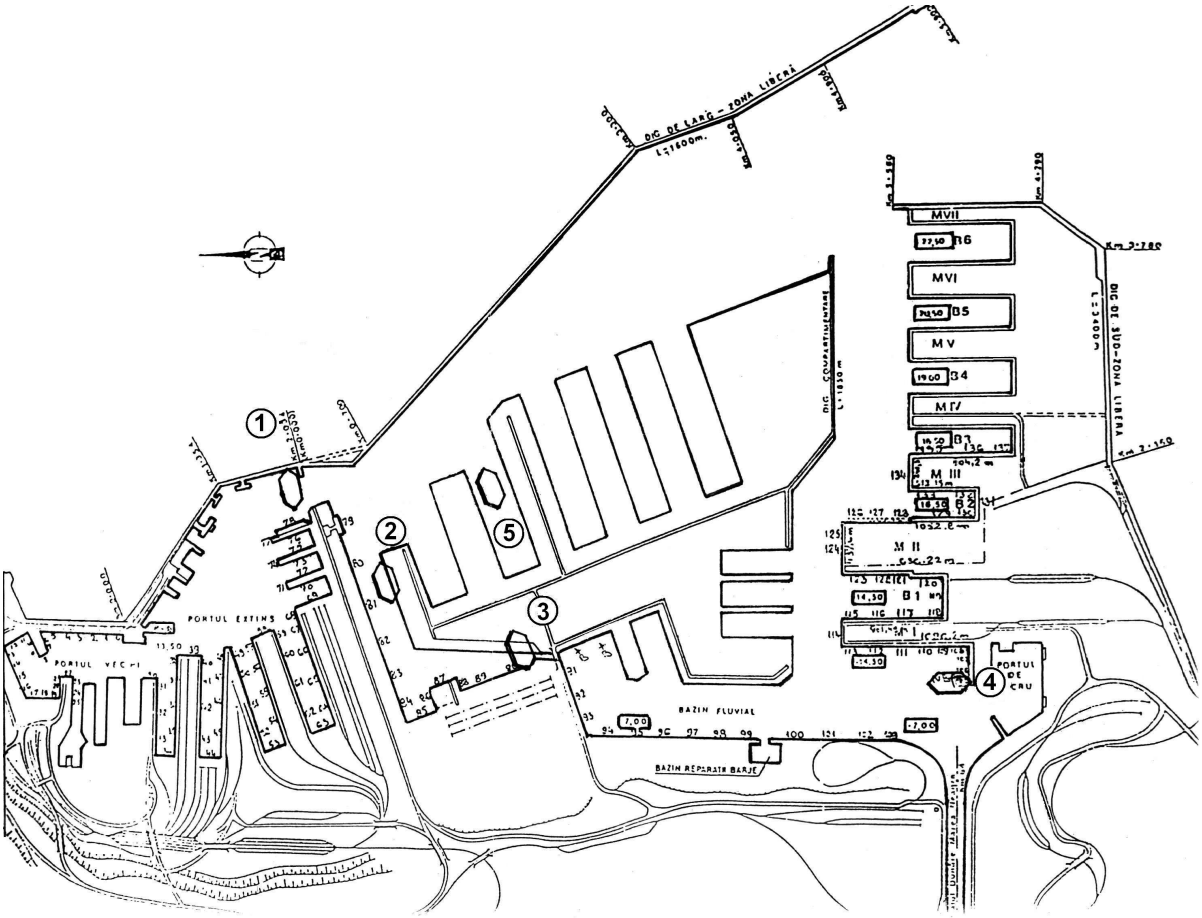


Fig. 8.12. Harta portului Constanța cu epavele inspectate cu scafandri în anul 1994.

Toate activitățile desfăşurate pentru expertiza unei epave au urmat, în desfăşurarea lor, următoarea succesiune:

- marcarea extremităților prova, pupa, centru (Td şi Bd) cu câte o baliză;
- cercetarea suprastructurii epavei, urmărindu-se cunoaşterea stării şi poziției uşilor, tambuchiurilor, hublourilor, trombelor de aerisire, poziției ancorelor, precum şi starea şi poziția diferiților apendici de pe punte;
- cercetarea bordajului şi fundului navei, urmărindu-se existența babalelor, găurilor de apă, deschiderilor în bordaj, poziția ancorelor şi natura solului fundului marin pe care se sprijină epava;
- întocmirea tablourilor adâncimilor;
- întocmirea istoricului epavei.

Datele reieşite din desfăşurarea acestor activități au fost centralizate într-un raport scris, completat cu imagini fotografice şi înregistrări video subacvatice. O dată cu întocmirea acestui raport s-au conturat şi două variante probabile de scoatere a epavelor.

În mod cert a reieşit că pentru epava navei FUKSIA, având TRN = 5099 t, TRB = 8549 t, DW = 11880 t, aparținând companiei INVERSIONES YFINA 2AS BARBARENA S.A. care s-a scufundat pe 04.02.1977 în dana 60 a portului Constanța, datorită exploziei provocate de încărcătura de carbid ce se afla la bord, explozie ce a avariat-o foarte puternic (echipele de salvare, pentru a evita blocarea portului, au fost

nevoite să o eşueze la S de digul de S vechi) metoda cea mai practică ar fi distrugerea ei cu exploziv, pe părți.

De asemenea, metoda distrugerii cu ajutorul exploziilor subacvatice, poate fi aplicată şi la epava navei ANASTASIA (fig. 8.13) aflată sub pavilion panamez aparținând companiei NAVIERA S.A. care, în timpul unei furtuni puternice din data de 06.01.1969, a eşuat la aproximativ 400 m de mal în dreptul localității Agigea.

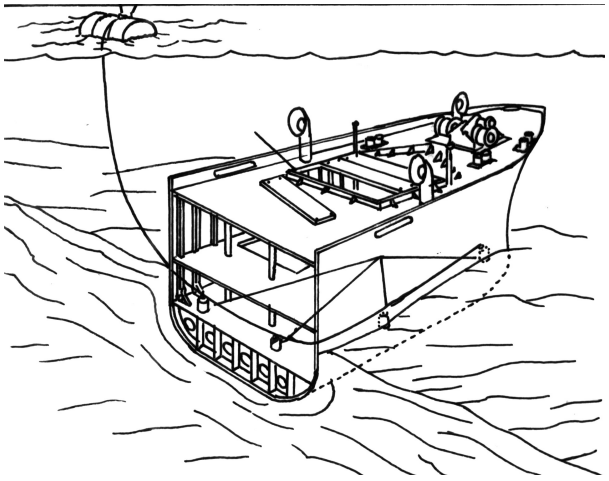


Fig. 8.13. Distrugerea epavei navei ANASTASIA cu ajutorul exploziilor subacvatice.

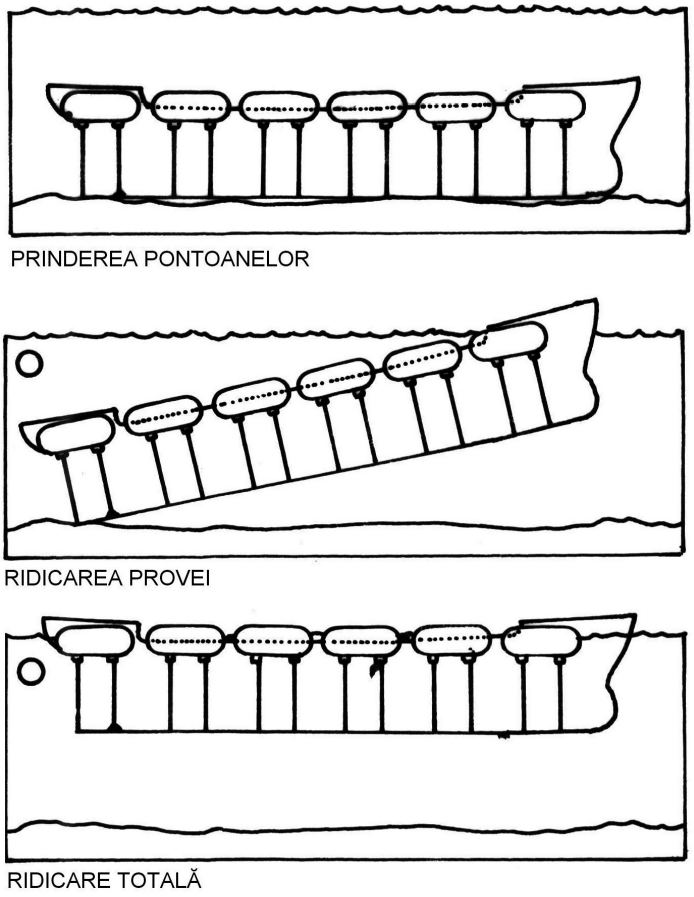


Fig. 8.14. Ranfluarea navei SC 26-46 cu ajutorul pontoanelor de ranfluare.

Pentru epava navei bază SC 26-46, aparținând unei companii particulare din Bucureşti, care s-a scufundat la data de 10.03.1993 în portul nou Agigea datorită unei uzuri fizice peste standardele admise şi a lipsei de supraveghere pe timpul staționării la cheu, metoda cea mai practică ar fi ranfluarea cu ajutorul pontoanelor de ranfluare (fig. 8.14). De asemenea, se poate încerca şi ridicarea epavei cu ajutorul a două macarale plutitoare (fig. 8.15), cu ajutorul a două barje dotate cu vinciuri (fig. 8.16) sau cu o metodă ce reprezintă o combinație între cele trei metode.

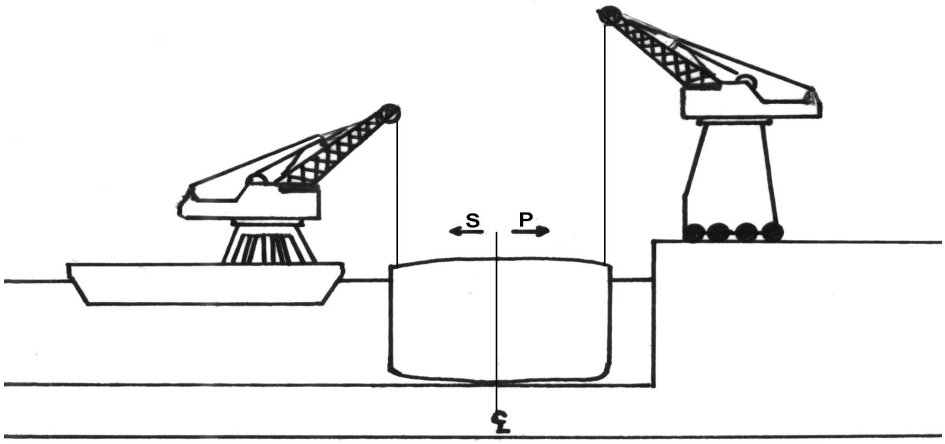


Fig. 8.15. Ridicarea epavei navei SC 26-46 cu ajutorul a două macarale plutitoare.

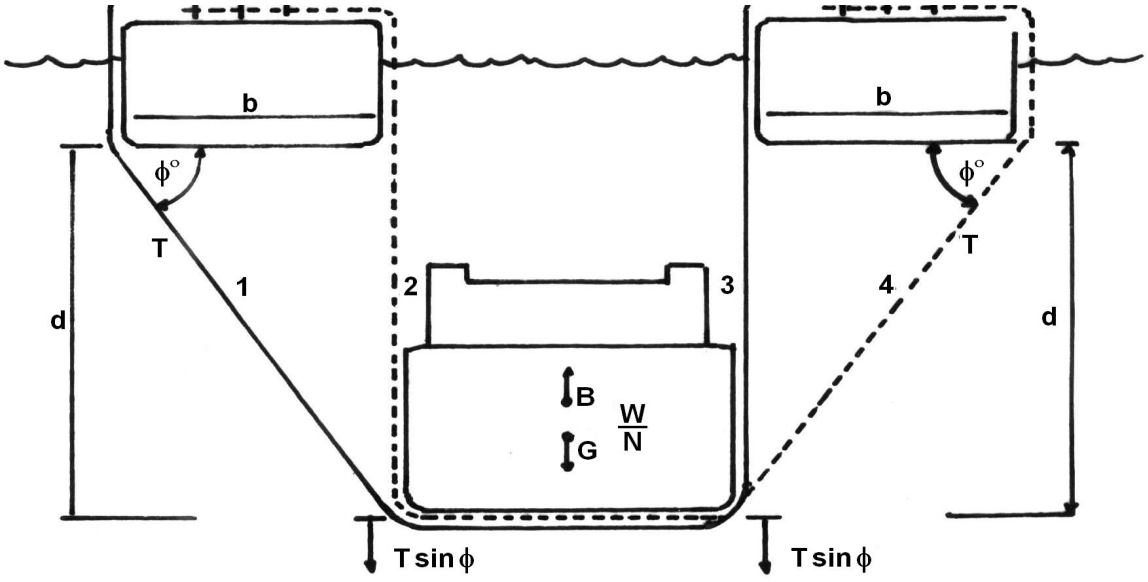


Fig. 8.16. Ridicarea epavei navei SC 26-46 cu ajutorul a două barje cu vinciuri.

De asemenea, aceste metode pot fi aplicate şi la ranfluarea tancului petrolier portuar CÂMPINA scufundat la data de 02.02.1992 lângă farul verde datorită unei uzuri fizice accentuate şi condițiilor hidro-meteo nefavorabile. Proprietarul acestui tanc petrolier este Administrația Portului Constanța. În figura 8.17 se prezintă ridicarea tancului petrolier CÂMPINA cu ajutorul macaralei şi a lifturilor subacvatice,

în figura 8.18 este arătată ridicarea aceleiaşi epave cu ajutorul a două macarale plutitoare, iar în figura 8.19 este prezentată metoda de ridicare cu ajutorul lifturilor subacvatice.

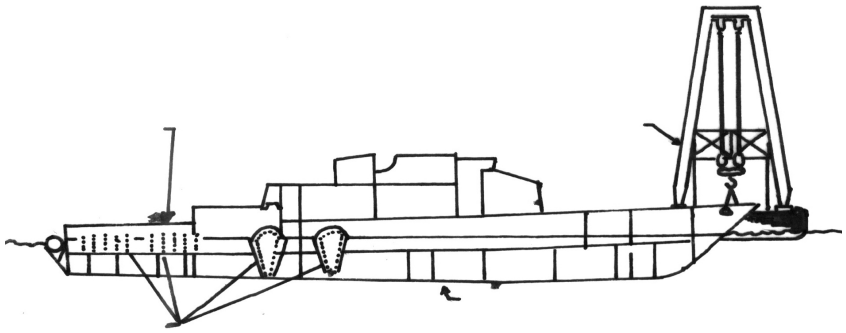


Fig. 8.17. Ridicarea epavei tancului petrolier CÂMPINA cu ajutorul macaralei şi a lifturilor subacvatice.

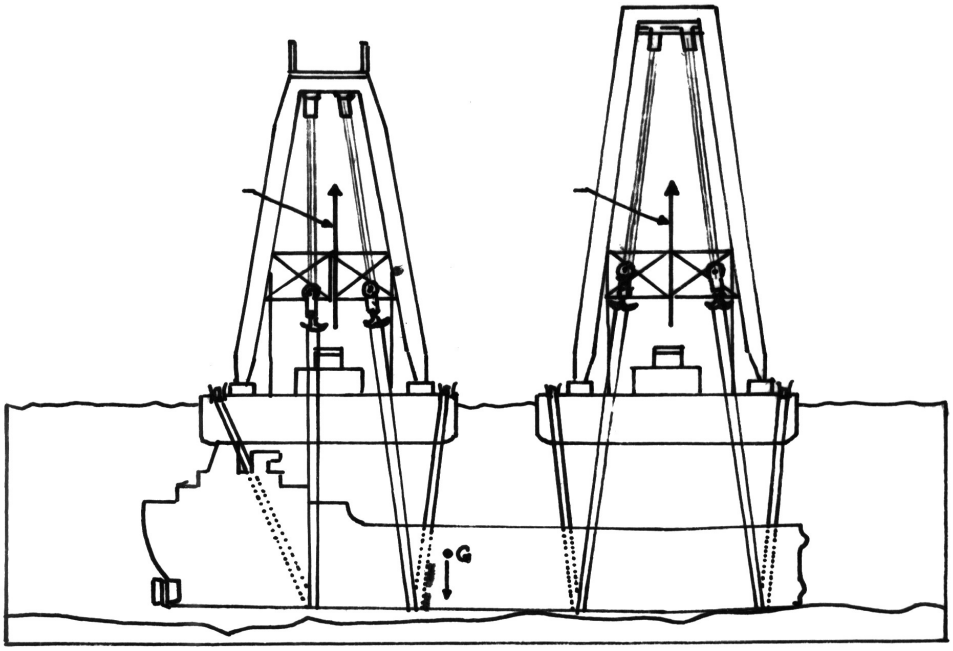


Fig. 8.18. Ridicarea tancului petrolier CÂMPINA cu ajutorul a două macarale plutitoare.

Pentru epava barjei din canalul de legătură port Constanța – Agigea Sud, scufundată în luna decembrie 1989 datorită unei încărcături necorespunzătoare cu minereu de fier şi aparținând C.N.F.R. NAVROM GALAȚI, metoda cea mai practică ar fi tăierea cu ajutorul a două macarale cu lanț de tăiere, concomitent cu tăierea oxi-arc şi ridicarea pe părți a bucăților rezultate (fig. 8.20).

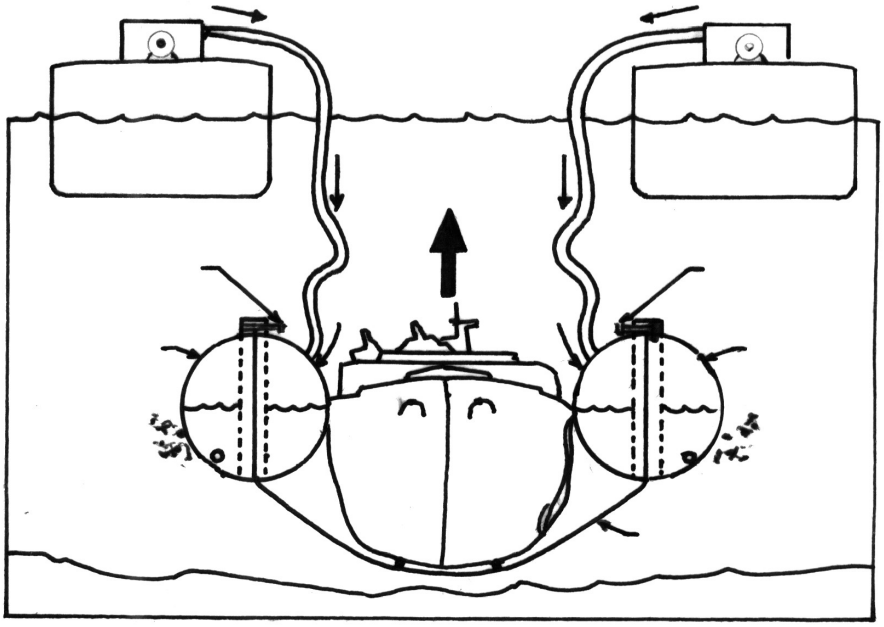


Fig. 8.19. Ranfluarea tancului petrolier CÂMPINA cu ajutorul lifturilor subacvatice.

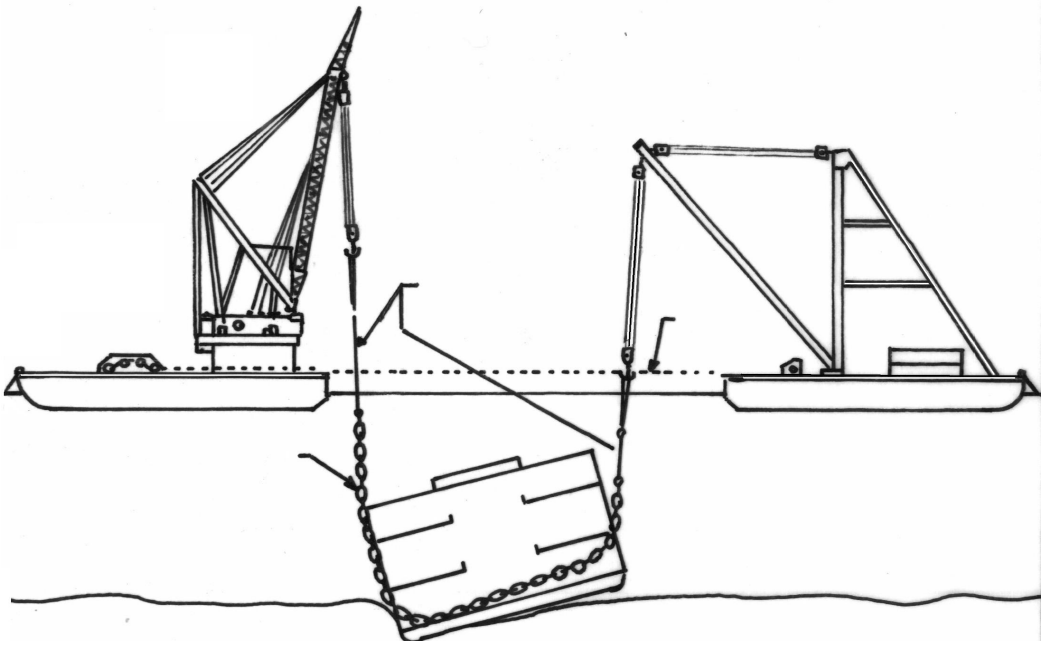


Fig. 8.20. Tăierea epavei barjei din canalul de legătură port Constanța – Agigea Sud cu ajutorul a două macarale cu lanț de tăiere.

În acelaşi timp, se mai poate folosi ridicarea epavei barjei cu ajutorul unei macarale plutitoare (fig. 8.21) sau tăierea cu ajutorul unei macarale plutitoare cu două cârlige şi lanț de tăiere (fig. 8.22).

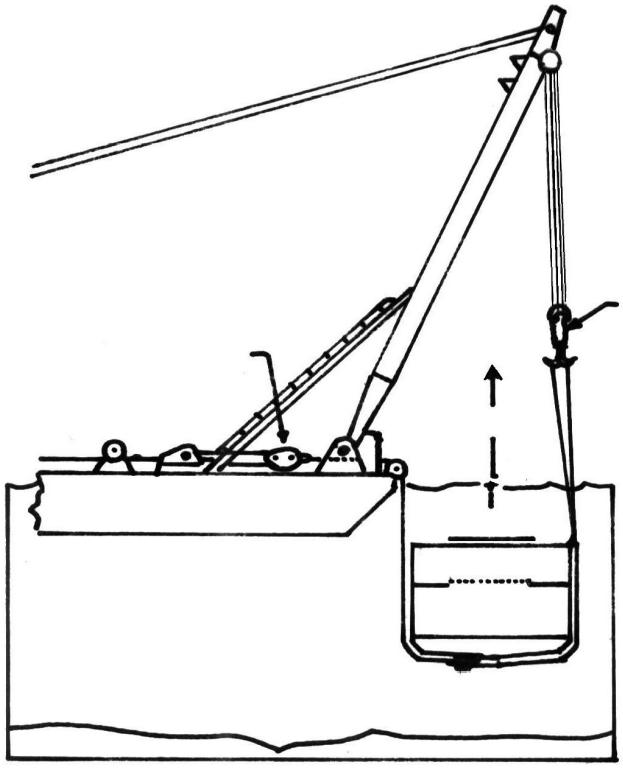


Fig. 8.21. Ridicarea epavei din canalul de legătură port Constanța – Agigea Sud cu ajutorul unei macarale plutitoare.

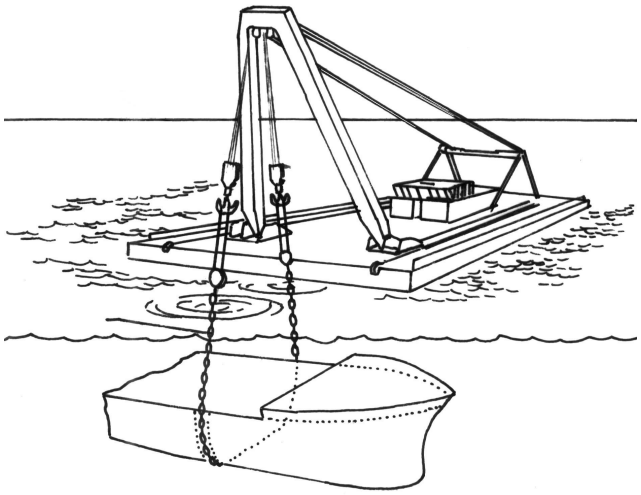


Fig. 8.22. Tăierea epavei barjei din canalul de legătură port Constanța – Agigea Sud cu ajutorul unei macarale plutitoare cu două cârlige şi lanț de tăiere.

Toate aceste metode necesită un volum mare de lucru (însăşi întocmirea planului necesită un volum mare de timp).

Principalii paşi ce trebuie făcuți pentru întocmirea unui astfel de plan sunt:

- elucidarea istoricului navei, şi procurarea documentelor epavei (cum s-a produs dezastrul, cum era încărcată, planurile de construcție etc.);
- inspecția cu scafandri a epavei pentru verificarea datelor reieşite din documente şi pentru culegerea de date noi;
- efectuarea calculelor care să arate cum se poate redobândi stabilitatea şi flotabilitatea navei avariate sau cum se poate distruge nava prin explozie;
- stabilirea variantei optime de scoatere a epavei.

BIBLIOGRAFIE

ATANASIU, T., GRAD, V., MIHAI, C., GEORGESCU, ŞT. – *Acţiunile scafandrilor deminori în viziunea flotelor occidentale*. Editura EX PONTO, Constanţa, 2000.

BEJAN, A., BUJENIŢĂ, M. – *Dicţionar de marină*. Editura Militară, Bucureşti, 1979.

BRADY, E.M. – *Marine salvage operations*. Cornell Maritime Press, Cambridge, Maryland, 1960.

BRÎNZAN, C., RADU, R. – *Controlul nedistructiv al materialelor prin metoda radioactivă*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1975.

BUJENIŢĂ, M., NIGARU, N. – *Îndrumător marinăresc*. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1959.

CAYFORD, J.E. – *Underwater work.* Cornell Maritime Press, Maryland, 1966.

CONSTANTINESCU, M. – *Protecţia anticorozivă a metalelor*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1979.

CONSTANTINESCU, M. – *Introducere în forajul şi exploatarea sondelor marine*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1975.

DAVIS, R.H. – *Deep diving and submarine operations.* The Saint Catherine Press, London, 1938.

DEGERATU, M., IONIŢĂ, S. – *Utilizarea jeturilor din încărcături explozive speciale la lucrări subacvatice.* Rev. Marea Noastră, Anul VII, nr. 23, Bucureşti, 1997.

DEGERATU, M., PETRU, A., IONIŢĂ, S. – *Manualul scafandrului*. Editura Per Omnes Artes, Bucureşti, 1999.

DEGERATU, M., PETRU, A., GEORGESCU, ŞT. – *Aparate de respirat sub apă*. Editura Matrix Rom, Bucureşti, 2003.

DINU, D., PÎNZARIU, M., STANCA, C., VLAD, C. – *Autorizarea activităţilor subacvatice.* Editura Tehnică, Bucureşti, 2000.

DINU, D., VLAD, C. – *Scafandri şi vehicule subacvatice*. Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1986.

EVDOKIMOV, G.V., SCETININA, A.I. – *Îndrumătorul marinarului*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1972.

GANEA, N. – *Alegerea, exploatarea, întreţinerea şi repararea pompelor*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1981.

GEORGESCU, ŞT., DEGERATU, M., IONIŢĂ, S. – *Lucrări subacvatice realizate cu scafandri. Control nedistructiv şi utilizare de explozivi sub apă. Lucrări tehnice subacvatice.* Editura Matrix Rom, Bucureşti, 2004.

GRANEFF, S. – *L'homme et la mer.* Ed. Press de la Cité, Paris, 1975.

HAUX, G. – *Subsea manned engineering*. Bailliere Tindall, London, 1982.

IORDACHE, G. – *Foraje cu destinaţie specială şi forajul marin.* Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1981.

LEHR, H. – *Fundaţii.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1957.

LARN, R., WHISTLER, R. – *Commercial diving manual*. Davis & Charles, 1984.

MAIER, V. – *Mecanica şi construcţia navei*. Vol. 3: *Construcţia navei*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1989.

MANOLIU, I.A. – *Nave şi navigaţie*. Ed. Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1984.

MAMONTOV, V.K. – *Executarea lucrărilor tehnice sub apă*. Traducere din limba rusă, Bucureşti, IDT, 1954.
MARTIN, R.C. – *The deep-sea diver yesterday, today and tomorrow*. Cornell Maritime Press, Cambridge, Maryland, 1978.
MIHALCU, M. – *Coroziunea.* Editura Ştiinţifică, Bucureşti, 1966.
MIHĂILESCU, D., CONSTANTIN, E., IORDĂCHESCU, D. – *Sudura subacvatică*. Vol. 1 şi vol. 2, Editura Tehnică, Bucureşti, 1999-2000.
MIHĂILESCU, D., CONSTANTIN, E., MITOŞERIU, O., MUŞAT, V., MIHĂILESCU, A. – *Reparaţii, întreţinere şi inspecţii subacvatice*. Editura Tehnică, Bucureşti, 2000.
NEWBERRY, W.G. – *Handbook for riggers*. Div. of Newberry Instruments, 1967.
PĂUNESCU, M., HILDA, V., GRUIA, A. – *Fundaţii.* Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1973.
PETRU, A., DEGERATU, M., IONIŢĂ, S. – *Ghidul scafandrului autonom*. Editura Olimp-Press, Bucureşti, 1992.
POPA, R., POPA, E. – *Tehnologia lucrărilor de construcţii. Prepararea betonului*. I.C.B., 1986.
SPĂTARU, A. – *Construcţii costiere şi acvatorii.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1990.
STAMPF, H. – *Tehnica fotografică*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1958.
STEPHEN, R.J. – *Picture facts*. Undersea Machines Franklin Watts, London.
STRAT, L. – *Combaterea coroziunii în mediul marin şi în condiţii climatice deosebite*. INID, 1970.
ŞTEFĂNESCU, G.G. – *Avarii la navă şi încărcătură*. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1974.
TAT, S., ZAPOROJAN, M., FISSGUS, K. – *Explozivi şi tehnica împuşcării în industrie.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1985.
TRUŞCĂ, T. – *Pirotehnie şi explozivi*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1984.
TINDECHE, S. – *Exploatarea conductelor de petrol*. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1972.
VIŢĂ, I., BRATU, V. – *Pompe de betoane*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1975.
VLAD, C., DINU, D. – *Intervenţii subacvatice.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1982.
ZYNKOWSKY, E. – *Commercial Oilfield Diving.* Cornell Maritime Press, Centreville, Maryland, 1985.
* * * – *Manual pentru folosirea mijloacelor de salvare-avarii la navele de suprafaţă ale Marinei Militare.* Editura Militară a Ministerului Forţelor Armate, Bucureşti, 1962.
* * * – *NOAA diving manual. Diving for science and technology*. U.S. Governement Printing Office, Washington D.C., 1975.
* * * – *Norme privind pregătirea, organizarea şi protecţia muncii în activitatea de scufundare*. Centrul de Scafandri Constanţa, Comandamentul Marinei Militare, MApN, Constanţa, 1996.
* * * – *Norme tehnice privind regimul materiilor explozive*. R.N.R 48-86, Bucureşti, 1996.

PERIODICE:
British Journal of NDT, Hiydraulic and Pneumatic Power, Journal of Fluid Mechanics, Journal of Petroleum Technology, NDT International, NOROIL, Ocean Industry, Offshore, Oil et Enterprise, Oil and Gas Journal, Petroleum Review, Pipes & Pipelines International, Welding Journal, World Oil.